



Universidade de Aveiro Departamento de Química
2015

João Manuel Silva
Loureiro Alves Ferreira

**Exploração de subprodutos de maçã como matérias-
primas alternativas em formulações para *Columba livia***



Universidade de Aveiro Departamento de Química
2015

João Manuel Silva
Loureiro Alves Ferreira

**Exploração de subprodutos de maçã como matérias-
primas alternativas em formulações para *Columba livia***

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Bioquímica Ramo Alimentar, realizada sob a orientação científica da Doutora Elisabete Coelho, Bolseira de Pós-doutoramento do Departamento de Química da Universidade de Aveiro e da Mestre Susana Cláudia Santos, Diretora do Departamento de Investigação e Desenvolvimento da empresa Ovargado S.A.

**Dedico este documento, carinhosamente redigido, às 8
personalidades que diariamente me aturam**

“If a man does not know to which port he is sailing, no wind is favorable”

Seneca

O júri

Presidente

Professor Doutor Francisco Manuel Lemos Amado

Professor associado do departamento de Química da Universidade de Aveiro

Orientador

Doutora Elisabete Verde Martins Coelho

Bolseira de pós- doutoramento do departamento de Química da Universidade de Aveiro

Co-orientador

Mestre Susana Cláudia Santos

Diretora do departamento de investigação e desenvolvimento da empresa Ovargado S.A.

Arguente

Professora Doutora Dulcineia Maria Sousa Ferreira Wessel

Professora adjunta do departamento de indústrias alimentares da Escola Superior Agrária de Viseu

Agradecimentos

Agradeço às minhas orientadoras Doutora Elisabete Coelho e Mestre Susana Santos pela disponibilidade, paciência e conhecimento transmitido ao longo deste ano.

Agradeço Ao Professor Doutor Manuel António Coimbra pelos seus conselhos e por disponibilizar o seu laboratório.

Agradeço à empresa Ovargado SA, em particular, ao Sr. Filipe Pode e à Doutora Lúcia Pode, pela oportunidade de estágio e cooperação ao longo de todo o ano.

À empresa Indumape SA, em particular, ao Engenheiro Oswaldo Trábulo pelo fornecimento das amostras de retentato e bagaço de maçã.

Ao Sr. Marinheiro, Sr. Artur, Sr. João Branco, Mister Eng. André e “menina” Carla, pela boa disposição e ajuda constantes.

Ao Filipe e à Sandra, por todas as vezes que me deram aquela boleia espectacular e me abrigaram da chuva, sempre com boa disposição.

À Rita e ao Marco...porque qualquer que fosse a dúvida ou problema...(meu ou deles!)...estavam sempre dispostos a ajudar. E sem cobrar um tostão! Pelo menos o Marco....

Ao pessoal do laboratório! Ao Calvão, ao Salvador, à Élia, à Susana...bem...a todos. Porque qualquer comediante precisa de uma plateia, e vocês nunca falhavam aos meus espectáculos.

Agradeço aos meus amigos, em particular, ao Sr. Treinador, Mister, Bioquímico, Bombeiro e Mestre-de-obras José Miguel Azevedo e ao Anastácio, por serem os meus *sidekicks* ao longo destes anos (e eu deles!).

Agradeço aos meus pais, ao Aduido, ao Kaka, à Virgúlia, ao Rei David e à Jackie por me obrigarem a ter confiança e “endireitarem” o rumo. Agradeço à restante família pelo apoio constante.

Agradeço à Catarina Armada Martins Silva de Duas Igrejas. Obrigado por seres a minha parceira e por me obrigares a olhar para a frente.

Obrigado a todos que direta e indiretamente me acompanharam neste longo percurso (até à CP por me deixar levar a bicicleta no comboio!)

Palavras-chave

Alimentação animal, *Columba livia*, Extrusão, Subprodutos de maçã, Competição columbófila.

Resumo

O crescimento da população humana deverá continuar até 2050. Por este motivo, a competição por matérias-primas entre a nossa alimentação e a alimentação animal será inevitável, tornando importante o recurso a matérias-primas alternativas, provenientes dos excedentes da indústria alimentar, como o bagaço de maçã e o resíduo da filtração do sumo concentrado denominado por retentato de maçã.

Dentro das gamas de produtos fabricados pela indústria da alimentação animal, temos as rações para pombo-correio. Estas rações estão adaptadas à prática do desporto columbófilo, separando os seus produtos de acordo com os diferentes períodos do ano: (i) concursos; (ii) criação; (iii) muda; (iv) defeso.

A alimentação do pombo-correio baseia-se em misturas simples de sementes. Contudo, existem subprodutos da indústria alimentar que são utilizados na indústria das rações como os bagaços de oleaginosas, de frutos, e as sêmeas de cereais, com teores de proteína, fibra e matéria gorda adequados à dieta do pombo-correio. Contudo, a inclusão direta destes subprodutos não é aceite por parte dos criadores e dos pombos. Por este motivo, foi necessário adotar metodologias alternativas à inclusão direta, como a extrusão. Este método de processamento permite criar um alimento nutricionalmente uniforme, formulado a partir de diversas matérias-primas, tanto as convencionais como as provenientes de subprodutos.

Com base nestes conhecimentos foram desenvolvidas formulações para alimentos extrusados, com incorporação de retentato de maçã, direcionados para os diferentes períodos do ano competitivo do pombo-correio. As percentagens de incorporação do subproduto foram de 5% para a ração depurativa, 10% para a ração da muda de pena e 15% para as rações de concursos e criação. A formulação para concursos apresentou 55% de hidratos de carbono, 20% de proteína e 10% de matéria gorda. A formulação de criação possui 58% de hidratos de carbono, 18% de proteína e 10% de matéria gorda. A formulação para a muda apresentou 58% de hidratos de carbono, 20% de proteína e 6 % de matéria gorda. Por último, a formulação para o defeso apresentou 71% de hidratos de carbono, 12% de proteína e 5% de matéria gorda. Todas as formulações continham 6-7% de fibra e 3-6% de cinzas. As rações produzidas mantiveram o equilíbrio nutricional comparativamente às misturas de sementes, habitualmente comercializadas.

Keywords

Animal feed; *Columba livia*; Extrusion cooking; Apple by-products; Pigeon racing.

Abstract

The growth of the human population is expected to continue until 2050. For this reason, competition for raw materials between food and feed is expected, therefore is important the use of alternative raw materials from the by-products of food industry, such as apple pomace and the residue of concentrate apple juice filtration called apple retentate.

The racing pigeon feed is one of the many products made by the animal feed industry. These feeds are adapted to the practice of pigeon racing, separating their products according to the different periods of the pigeon racing: (i) competitions; (ii) breeding; (iii) moulting; (iv) resting.

The usual feed for pigeon is composed solely by seeds, however, some food industry by-products, such as soybean meal, canola meal, apple pomace and cereal brans, have a protein, fat and fiber content adequate to the pigeon diet. However, direct inclusion of such by-products cannot be done directly, because it wouldn't be accepted by both breeders and animals. For this reason, it is necessary to adopt alternative methods to direct inclusion, such as extrusion. This method allows the creation of a nutritionally uniform feed, made from several raw materials, both conventional for this type of feed and by-products.

Based on this knowledge, formulations for extruded feeds, targeting all the different periods of the pigeon racing year and including apple retentate were developed. The percentages of incorporation of the by-product were 5% for the resting feed, 10% for the moulting feed and 15% for the competitions and breeding feed.

The formulation for contests had 55% carbohydrates, 20% protein and 10% fat. The breeding formulation had 58 % carbohydrates, 18% protein and 10% fat. The formulation for moulting had 58% carbohydrates, 20% protein and 6% fat. Finally, the formulation for the resting period had 71% carbohydrates, 12% protein and 5% fat. All the feeds had between 6-7% of fiber and 3-6% of ashes.

The produced feeds maintained the nutritional balance in comparison with the usually marketed mixtures of seeds.

Índice Geral

Índice Geral.....	i
Índice de Figuras.....	iii
Índice de Tabelas	iv
Lista de Abreviaturas	vi
1 – Considerações Teóricas	1
1.1 - Alimentação Animal.....	3
1.1.1 - A Indústria e Seus Produtos	3
1.1.2 - Matérias-primas	5
1.2 – Adaptação Nutricional das Rações à Prática Columbófila	6
1.2.1 - O Pombo-correio (<i>Columba livia domestica</i>)	6
1.2.2 - Nutrição do Pombo-correio.....	7
1.2.3 - Alimentação do Borracho	8
1.2.4 - Alimentação do Pombo Adulto.....	10
1.3 - Desporto Columbófilo	11
1.3.1 – Principais Sementes na Alimentação do Pombo Adaptado à Prática Columbófila.....	12
1.3.2 – Fatores anti-nutricionais nas sementes utilizadas em columbofilia	16
1.3.3 – Alimentação na Época de Concursos	23
1.3.4 – Alimentação do Período da Muda de Pena	25
1.3.5 – Alimentação no Período de Criação.....	27
1.3.6 – Alimentação no Período de Defeso	30
1.4 – Subprodutos na Indústria das Rações	32
1.4.1 – Subprodutos Fibrosos na Indústria das Rações	34
1.4.2 – Subprodutos da Indústria do Processamento da Maçã	36
1.4.3 – Composição e Propriedades dos Subprodutos de Maçã.....	37
1.4.4 – Vantagens e Desvantagens dos Subprodutos de Maçã.....	40
1.5 – Processo de Extrusão na Alimentação Animal	41
1.5.1 – Alterações químicas no processo de extrusão	42
1.5.2 – Efeito da Extrusão nas Proteínas.....	42
1.5.3 – Efeito na Extrusão dos Açúcares, Oligossacarídeos e Amido	43
1.5.4 – Reações de Maillard Durante o Processo de Extrusão	44
1.5.5 – Efeito da Extrusão na Fibra dietética	44

1.5.6 – Efeito da Extrusão nos Lípidos	45
1.6 Objetivos	46
2 - Material e Métodos.....	47
2.1 - Origem dos materiais.....	49
2.2 – Tratamento do retentato da maçã para aplicação nas rações	49
2.3 - Desenvolvimento de alimentos extrusados para pombo-correio.....	49
2.4 - Análise de açúcares	50
2.5 - Determinação da humidade	51
2.6 - Determinação do teor de cinzas.....	51
2.7 - Análise de aminoácidos	52
2.8 - Determinação do teor de matéria gorda.....	53
2.9 – Determinação do teor proteico.....	53
2.10 - Análise estatística	53
3. Resultados e Discussão.....	55
3.1 – Formulações de Extrusados para Columbofilia	57
3.1.1 – Extrusado para período de concursos.....	57
3.1.2 – Extrusado para a fase da muda	62
3.1.3 – Extrusado para o período de criação	64
3.1.4 – Extrusado para a época de defeso	66
3.2 – Análise nutricional: Comparação entre formulações para concursos com e sem retentato de maçã	68
Conclusões.....	75
Trabalho Futuro	79
Referências Bibliográficas.....	83

Índice de Figuras

Figura 1 - Estrutura da Produção de Alimentos Compostos para Animais em Portugal por Setor, no ano de 2013.	3
Figura 2 - Divisão do ano desportivo do pombo-correio	11
Figura 3 - A - Estrutura de um tanino hidrolisável (β -penta-O-galloyl-D-glucose); B - Estrutura de um tanino condensado (procianidina do tipo B).....	17
Figura 4 - Estrutura química dos principais glucósidos com propriedades anti-nutricionais, presentes nas plantas..	18
Figura 5 - Proporção das diferentes classes de sementes nas misturas para concursos das marcas Ovargado (OVG), Versele Laga (VL) e Vanrobaeys (VB).....	25
Figura 6 - Proporção das diferentes classes de sementes nas misturas para muda das marcas Ovargado (OVG), Versele Laga (VL) e Vanrobaeys (VB).....	27
Figura 7 - Proporção das diferentes classes de sementes nas misturas para criação das marcas Ovargado (OVG), Versele Laga (VL) e Vanrobaeys (VB).....	30
Figura 8 - Proporção das diferentes classes de sementes nas misturas depurativas das marcas Ovargado (OVG), Versele Laga (VL) e Vanrobaeys (VB).....	31
Figura 9 - Perfil nutricional em termos de fibra, proteína bruta e proteína digerível em 7 alimentos fibrosos usados no fabrico de alimentos compostos para animais.....	36
Figura 10 - Esquema simplificado de um equipamento de extrusão adaptado à alimentação animal.....	42
Figura 11 - Aspeto visual das formulações para concursos de controlo (A1) e com adição de retentato de maçã (B1). Em baixo, encontram-se duas das principais matérias-primas utilizadas, o bagaço de soja (A2) e o retentato de maçã (B2).....	73

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Comparação entre os processos de fabrico utilizados na indústria dos alimentos compostos para animais.	4
Tabela 2 -- Composição média do LP nos principais nutrientes	8
Tabela 3 - Aspetos nutricionais dos principais cereais que integram a composição das misturas em columbófilia.	12
Tabela 4 - Aspetos nutricionais das principais sementes oleaginosas que integram a composição das misturas em columbófilia.....	14
Tabela 5 - Aspetos nutricionais das principais leguminosas que integram a composição das misturas em columbófilia.	15
Tabela 6 - Principais fatores anti-nutricionais nas sementes utilizadas em columbófilia e a sua distribuição entre as principais classes.	16
Tabela 7 - Composição nutricional de diferentes rações comerciais e de formulações sugeridas na literatura, para pombos-correios, desenvolvidas para a época de concursos.....	24
Tabela 8 - Composição nutricional de diferentes rações comerciais para pombos-correios e de formulações sugeridas na literatura, desenvolvidas especificamente para a época da muda.	26
Tabela 9 - Parâmetros bioquímicos do plasma de Columba livia durante as diferentes etapas do período de criação, assim como da época pré-criação	28
Tabela 10 - Composição nutricional de diferentes rações comerciais para pombos-correios, desenvolvidas especificamente para a época de criação.	29
Tabela 11 - Composição nutricional de diferentes rações comerciais para pombos-correios, desenvolvidas especificamente para o período de defeso.	31
Tabela 12 - Aspetos nutricionais das principais matérias-primas que integram a composição dos extrusados.....	33
Tabela 13 - Composição aproximada do bagaço de maçã	38
Tabela 14 - Propriedades de hidratação e capacidade de adsorção de lípidos da fibra de diferentes concentrados de fibra derivados de frutos.	39
Tabela 15 - Composição da fração sólida do retentato total e após a centrifugação, com remoção do sobrenadante	40
Tabela 16 - Composição nutricional do alimento extrusado para pombo-correio, dedicado à época de concursos - Sem adição de subprodutos de maçã.....	59

Tabela 17 - Composição nutricional do alimento extrusado para pombo-correio, dedicado à época de concursos - Com adição de retentato de maçã.	60
Tabela 18 - Constituintes que compõem o extrusado para a época de concursos sem adição de retentato (cont.) e com adição de retentato (Ret.)..	61
Tabela 19 – Constituintes que compõem o extrusado desenvolvido para a época da muda com adição de retentato de maçã..	63
Tabela 20 - Composição nutricional do alimento extrusado para pombo-correio, dedicado à época da muda - Com adição de retentato de maçã.	64
Tabela 21 - Constituintes que compõem o extrusado desenvolvido para a época da criação com adição de retentato de maçã.	65
Tabela 22 - Composição nutricional do alimento extrusado para pombo-correio, dedicado à época da criação - Com adição de retentato de maçã.	66
Tabela 23 - Constituintes que compõem o extrusado desenvolvido para a época do defeso com adição de retentato de maçã..	67
Tabela 24 - Composição nutricional do alimento extrusado para pombo-correio, dedicado à época de defeso - Com adição de retentato de maçã.	68
Tabela 25 - Comparação dos parâmetros nutricionais entre extrusados para época de concursos com e sem a adição de retentato de maçã.....	69
Tabela 26 - Percentagem molar dos resíduos de açúcar que constituem a totalidade dos hidratos de carbono, polissacarídeos e açúcares livres, presentes nas rações para concursos.	70
Tabela 27 - Composição de aminoácidos e teor de proteína nas formulações para concursos de controlo e com adição de retentato.....	71

Lista de Abreviaturas

AT - Açúcares Totais;
BHT – Hidroxitolueno butilado;
C20:1 n-9 - Ácido Eicosenóico;
C20:5 n-3 - Ácido Eicosapentanóico;
C22:6 n-3 - Ácido Docosahehexanóico;
C22:1ω9 – Ácido erúico;
CAL - Capacidade de Adsorção de Lípidos;
CI - Capacidade de Aumentar o Volume;
CRA - Capacidade de Retenção de Água;
EM - Energia Metabolizável;
FA - Fibra Alimentar;
FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations;
F - Fibra;
FCC – Formulação para Concursos de Controlo;
FCR – Formulação para Concursos com Retentato;
FDA - Fibra Insolúvel em Detergente Ácido;
FDN - Fibra Insolúvel em Detergente Neutro;
FPC - Federação Portuguesa de Columbofilia;
GC-FID – Cromatografia em fase gasosa com detetor de ionização de chama
GC-qMS - Cromatografia em fase gasosa acoplada a espectrometria de massa com analisador quadrupólo
HCN – Cianeto de Hidrogénio;
IACA - Associação Portuguesa dos Industriais;
IFIF - International Feed Industry Federation;
JFMC - Formulação Jacques Freydiger para Concursos;
JFMD - Formulação Jacques Freydiger para Defeso;
JFMM - Formulação Jacques Freydiger para Muda;
LAD - Lenhina Insolúvel em Detergente Ácido;
LP - "Leite" de Pomba;
MS - Matéria Seca;
N- - Terminal Amina;
PB - Proteína Bruta;
PNA - Polissacarídeos não Amiláceos;
OP – Oxidase dos polifenóis;
OSF - Oligossacarídeos de Frutose;
OSM – Oligossacarídeos de Manose;
OVGd - Ração Ovargado: Pombos Depurativa;
OVGDM - Ração Ovargado: Pombos Depurativa sem Milho;
OVGb - Ração Ovargado: Pombos Criação;
OVGbm - Ração Ovargado: Pombos Criação sem Milho;
OVGc - Ração Ovargado: Pombos Concursos;
OVGm - Ração Ovargado: Pombos Muda;
OVGs - Ração Ovargado: Pombos Super Concursos;
RPM – Rotações por minuto;
VLCP - Ração Versele Laga: Competição-Champion Plus I.C.+;
VLCS - Ração Versele Laga: Cria Start Plus I.C.+;
VLDD - Ração Versele Laga: Dieta- Depure Plus I.C.+;
VLWP -Ração Versele Laga: Inverno- Winter Plus I.C.+;
VLEP - Ração Versele Laga: Competição-Energy Plus I.C.+;
VLGP - Ração Versele Laga: Competição-Gerry Plus I.C.+;
VLMP - Ração Versele Laga: Mutine Plus I.C.+;
VLSP - Ração Versele Laga: Competição-Superstar Plus I.C.+;
VBRE – Ração Vanrobaeys: Racing Exclusive;
VBEM – Ração Vanrobaeys: Moulting Exclusive;
VBBE – Ração Vanrobaeys: Breeding Exclusive;
VBCD – Ração Vanrobaeys: Casaert Depurative;
% mol – Percentagem Molar;
16:1 – Ácido palmitoléico;
18:1 – Ácido oleico;
18:2 – Ácido linoléico;

1 – Considerações Teóricas

1.1 - Alimentação Animal

As previsões atuais indicam que o crescimento da população humana continuará até 2050, situando-se perto dos 9 mil milhões de indivíduos, o que implica um aumento global das necessidades nutricionais e da disponibilidade de alimentos. O ramo pecuário, responsável por um terço do consumo de proteína mundial, ocupa atualmente cerca de 30% da área terrestre não coberta por gelo e é um dos setores que mais tem crescido nos países em desenvolvimento, suscitando preocupações ambientais e sociais. A competição entre a alimentação humana e a alimentação animal pelo consumo de água potável e matérias-primas é um panorama inevitável, tornando-se fundamental procurar soluções e políticas sustentáveis. O aproveitamento de muitas matérias-primas secundárias provenientes da indústria alimentar, atualmente descartadas ou subaproveitadas, será uma estratégia cada vez mais importante (Thornton, 2010).

1.1.1 - A Indústria e Seus Produtos

A indústria dos alimentos compostos para animais produz perto de 1000 milhões de toneladas de alimento anualmente, correspondendo a um volume de negócios na ordem dos 300 milhares de milhões de euros (FAO & IFIF). Em Portugal a produção de alimentos compostos tem acompanhado o clima de recessão económica e apresenta diminuições pelo sexto ano consecutivo. Segundo a associação portuguesa dos industriais de alimentos compostos para animais (IACA), a produção das mais de 50 empresas a si associadas situou-se nos 2901 milhares de toneladas de alimento em 2013, um valor 4,5% menor que em 2012. A estrutura de produção, apresentada na figura 1, demonstra que no ano de 2013, em Portugal, as rações para aves, suínos e bovinos corresponderam a 91% da quantidade total de alimento produzido, deixando uma pequena cota de mercado para as restantes espécies.

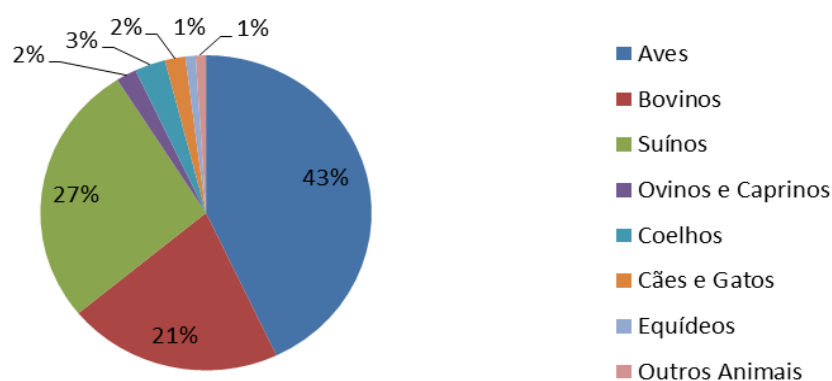


Figura 1 - Estrutura da Produção de Alimentos Compostos para Animais em Portugal por Setor, no ano de 2013 (adaptado de IACA – relatório anual de produção).

Estas percentagens mantiveram-se muito semelhantes face a 2012. Destaca-se apenas o reforço da liderança por parte das aves, que sofreram uma diminuição de apenas 1,9%, contrastando com as restantes espécies onde a diminuição média foi 6,5% (IACA).

Os principais produtos fabricados por esta indústria estão repartidos por três classes, as farinhas, os peletizados e os extrusados. A principal vantagem destes processos está na uniformização do alimento, impossibilitando seletividade por parte do animal e prevenindo potenciais carências nutricionais. Na tabela 1 estão apresentadas algumas das principais características destes processos (Thomas *et al.*, 1997).

As farinhas são obtidas através da moagem e aumentam a digestibilidade dos alimentos sem elevar muito os custos de produção. Contudo, a particulação dos alimentos aumenta a sua perecibilidade, devido à maior suscetibilidade para sofrer degradação microbiana. Por outro lado, em aves, a ingestão de alimentos muito particulados pode desencadear problemas gástricos devido à retenção de alimento farinado na moela, que começa a fermentar, assim como à falta de estimulação deste órgão. A peletização é outro processo comum nas rações e consiste na compressão de uma mistura de matérias-primas, previamente moídas, contra uma matriz, que define o tamanho e a forma dos *pellets*. Este processo partilha as vantagens dos farinados, reduz o risco de detioração microbiana e permite controlar o tamanho do produto. Por último temos a extrusão, onde se recorre a elevadas temperaturas e pressões, num ambiente húmido. Este processo foi desenvolvido para combater a perecibilidade dos alimentos em climas muito quentes e húmidos, sendo utilizado tanto em misturas como em matérias-primas. Do ponto de vista nutricional, a extrusão provoca uma expansão das partículas que promove a gelatinização do amido e aumenta a disponibilidade dos nutrientes presentes no interior das células vegetais. O maior entrave está no aumento dos custos de produção associados ao equipamento e ao consumo energético (Peisker, 2006).

Tabela 1 - Comparação entre os processos de fabrico utilizados na indústria dos alimentos compostos para animais. Legenda: (-) ausente/negativo; (+) elevado; (adaptado de Peisker *et al.*, 2006).

Processo	Digestibilidade	Consumo energético	Efeito Nutricional	Efeito higiénico
Moagem	+	+	+	-
Peletização	++	++	+	+
Extrusão	+++	+++	+++	+++

1.1.2 - Matérias-primas

O ramo dos alimentos compostos para animais serve-se de uma vasta gama de diferentes matérias-primas, com o objetivo de responder às necessidades nutricionais de todas as espécies, tanto animais de criação como de companhia. Este grupo envolve raízes, tubérculos, cereais, concentrados de proteína vegetal, concentrados de proteína animal e múltiplos aditivos (McDonald, 2010).

As raízes englobam vegetais como o nabo e a beterraba e caracterizam-se por terem a sacarose como principal açúcar de reserva. Os teores de proteína e fibra são bastante variáveis consoante as espécies. Alguns subprodutos de raízes, como o melaço e o bagaço de beterraba, são amplamente utilizados na alimentação animal. Os tubérculos possuem amido e frutanas como açúcares de reserva, são pobres em fibra e estão vulgarmente associados a fatores anti-nutricionais como os glicosídeos cianogénicos. A cassava, a batata e a batata-doce são os alimentos deste grupo mais comuns em rações (McDonald, 2010; Milner, 2011). O conceito de cereal engloba todas as espécies de gramíneas, cultivadas pelas suas sementes, como o milho, o trigo, a cevada e a aveia. Os grãos dos cereais possuem uma quantidade de proteína baixa que varia entre os 80-120 g/kg de MS, uma fração lipídica que ronda os 100-170 g/kg de MS e uma quantidade elevada de hidratos de carbono, principalmente amido. A nível dos micronutrientes, os cereais são ricos em carotenos, vitamina D e fósforo, este último geralmente na forma de fitatos, que são anti-nutrientes inibidores da absorção de outros minerais. Alguns subprodutos de cereais como o farelo de trigo, o farelo de milho, as “dreches” da cevada, os grãos de cevada destilados ou o “glúten” de milho, também são frequentemente utilizados nas rações (Sniffen, 1992).

As fontes de proteína vegetal usadas na alimentação animal são principalmente os bagaços de oleaginosas, como a soja, o girassol e a colza, e as leguminosas, como a ervilha e o feijão. Estas, apesar da riqueza em proteína, têm falta de aminoácidos essenciais como a metionina e a lisina. A proteína animal utilizada vem, por norma, sob a forma de subprodutos da indústria do processamento de carnes, nomeadamente, as farinhas de carne, peixe, frango, ossos ou sangue. A proteína destes produtos é altamente digerível, rica em aminoácidos essenciais e em fósforo (Li *et al.*, 2011).

Por último, temos a ampla gama de aditivos alimentares, onde se incluem medicamentos como coccidiostáticos para aves e coelhos, prebióticos como oligossacarídeos de frutose (OSF) e oligossacarídeos de manose (OSM), probióticos como *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*, enzimas como as fitases, as celulasas e as

glucanases. Outros produtos englobam ácidos orgânicos para controlo do pH, imunoglobulinas para promoção da saúde intestinal, ou aminoácidos essenciais para compensar deficiências das matérias-primas (Borràs, 2011; Ai, 2011).

1.2 – Adaptação Nutricional das Rações à Prática Columbófila

O desenvolvimento das tecnologias de comunicação tornou obsoleto o uso do pombo-correio como meio de comunicação restringindo a sua criação para fins recreativos, onde se destaca o desporto columbófilo. Nesta atividade, o elevado controlo do ser humano nos cruzamentos dos seus pombos tem-se revelado um forte mecanismo de seleção artificial, promovendo a proliferação das linhagens de indivíduos com sentidos de orientação mais apurados e melhor eficiência metabólica. Além da componente genética, também a alimentação do pombo-correio é criteriosamente selecionada e acompanhada pelo seu criador, de modo a obter as melhores *performances* desportivas dos seus atletas.

1.2.1 - O Pombo-correio (*Columba livia domestica*)

A família *Columbidae* compreende um conjunto de espécies morfologicamente muito uniformes, cuja principal distinção para as outras aves está na capacidade de sucção ou de bombear água através de movimentos peristálticos do esófago, ao contrário das restantes, que ingerem água colocando-a no bico e inclinando a cabeça para trás. Outras características físicas comuns são a cabeça de pequenas dimensões, as pernas curtas e o bico pequeno e delgado. A nível comportamental observa-se a construção de ninhos pouco elaborados, a colocação de dois ovos por parte da fêmea em cada época de criação e a produção de uma secreção no papo, por ambos os progenitores, para alimentação dos borrachos (Gibbs, 2001).

O pombo-correio (*Columba livia domestica*) é uma subespécie que descende do pombo das rochas (*Columba livia*) e acredita-se que a sua associação com os humanos anteceda largamente os primeiros registos históricos, que datam do início da civilização egípcia. O pombo das rochas possui um temperamento dócil e está presente em todos os continentes com a exceção da Antártida, tornando assim propício o seu relacionamento com a espécie humana. As principais particularidades deste columbiforme são: (i) ossos ocos, que funcionam como reservatórios de oxigénio; (ii) músculos peitorais altamente desenvolvidos, que compreendem um terço da massa corporal; (iii) capacidade de permanecer sem repousar por períodos de tempo muito extensos.

A subespécie, pombo-correio, por sua vez, foi o resultado de múltiplos cruzamentos selecionados entre as várias subespécies de pombos das rochas, que visaram promover o seu sentido de orientação, a sua inteligência, a sua capacidade atlética e a sua resistência a doenças. Deste modo, conseguiram-se desenvolver linhagens atualmente capazes de percorrer mais de 1000 km, ao contrário dos 100/200 km registados por pombos-das-rochas na antiguidade. As fugas de animais domesticados, que se foram disseminando nas populações naturais ao longo dos séculos, torna difícil encontrar indivíduos selvagens cujo património genético tenha permanecido inalterado e seja completamente fiel às espécies de pombos-das-rochas originais (Blenchman, 2006; Parsons, 2007).

A orientação do pombo-correio é um tema amplamente estudado, embora pouco consensual. Hipóteses iniciais apontavam o sol como elemento principal na orientação do pombo-correio, contudo, a navegação em dias nublados ou durante a noite (em pássaros devidamente treinados) excluí o sol como elemento fundamental à navegação. (Walcott, 1996). Nos voos de curta distância consideram-se a visão e o olfato apurado como os sentidos mais importantes. No entanto, a indução de anosmia (para remoção de olfato) e a utilização de lentes de contacto baças, não impediram o animal de chegar ao seu destino, sugerindo alguma capacidade de triangulação e memória. Nos voos a longas distâncias a sua orientação supõe-se derivar de dois mecanismos: (i) a capacidade de se orientar segundo o campo geomagnético, devido à presença de magnetite no bico próxima dos terminais nervosos que conduzem a informação para o cérebro; (ii) a capacidade de formarem um mapa com base em infrassons, conseguidos através de uma audição extremamente sensível a baixas frequências (revisto em Hagstrum, 2000 e Mora, 2004).

1.2.2 - Nutrição do Pombo-correio

Os pombos-correios, como todos os membros da família *Columbidae*, alimentam-se essencialmente de grãos e sementes. A sua rápida adaptação ao meio citadino, onde a alimentação envolve também produtos de padaria, pequenos invertebrados ou restos no lixo, indica que estes animais conseguem metabolizar alimentos com teores de proteína mais elevados. Num estudo onde se comparou a produção de enzimas digestivas em animais alimentados à base de hidratos de carbono e em animais alimentados principalmente com proteína, demonstrou-se uma modulação do sistema digestivo, que para responder aos elevados teores de proteína na dieta, produziu mais proteases pancreáticas e N-aminopeptidases em detrimento de amilases (Climari, 2005).

O trato gastro intestinal do pombo-correio está dividido em bico, cavidade bucal, faringe, esófago, papo, proventrículo, moela, duodeno, íleo, ceco rudimentar, reto e cloaca. Em relação ao tamanho corporal, o trato gastro intestinal está numa relação de 7:1, sendo mais reduzido do que noutras espécies de aves, como a codorniz (8:1), possivelmente pela necessidade de esta ave ser o mais leve possível, permitindo uma maior eficiência no voo (revisto em Sales, 2003).

1.2.3 - Alimentação do Borracho

A cria do pombo, denominada por borracho, quando nasce tem os olhos fechados e é incapaz de digerir alimento comum aos pombos adultos, contrastando com a maioria das outras espécies de aves. Assim, a sua alimentação depende de uma secreção produzida no papo de ambos os progenitores, chamada leite de pomba (LP). Esta secreção altamente nutritiva tem natureza holócrina e é composta maioritariamente por células epiteliais do papo. A composição média do LP está apresentada na Tabela 6, onde se pode constatar uma grande variabilidade entre os valores encontrados na literatura.

Tabela 2 -- Composição média do LP nos principais nutrientes (adaptado de Sales et al., 2003; Shetty et al., 1992 e Vandeputte-Poma, 1968)

Constituinte	(%)
Matéria Seca	26-30
Proteína Bruta	9-18,8
Matéria Gorda	4,5-12,7
Hidratos de Carbono	0,9-1,5
Cinzas	0,8-1,4
Energia (kcal/g)	5,6-6,8

As principais justificações para estes intervalos prendem-se com o dia após nascimento dos borrachos em que a secreção foi recolhida, com o método de colheita da secreção ou com a alimentação dos progenitores. A alimentação com LP pode variar entre 10 e 27 dias, sendo que a composição vai alterando, podendo atingir no primeiro dia 47% de proteína bruta e 27% de matéria gordas, contra apenas 17% e 3%, respetivamente, no vigésimo sétimo dia. Esta diluição dos nutrientes do LP também se deve à integração gradual, desde o sexto dia, de grãos semi-digeridos na dieta do borracho. Os hidratos de carbono existem em quantidades residuais e estão na forma de glicoproteínas e

glicolípidos. A matéria gorda é composta principalmente por ácido oleico (18:1) que constitui a principal fonte de energia do borracho. O teor energético do LP oscila entre os 5,6-6,8 kcal/g, superando largamente os teores energéticos nos mamíferos, onde o leite possui entre 0,67-0,77 kcal/g. A fração mineral, representada no teor de cinzas, é composta principalmente por Fe, Zn, Mn e Cu, e excede largamente os teores encontrados no leite dos mamíferos. Em termos de proteína, cerca de 17% do valor total está na forma de aminoácidos livres, podendo atingir os 27%. Ainda na fração proteica, destaca-se a presença do fator de crescimento do LP, um polipéptido de 6000 kDa diretamente responsável pelas elevadas taxas de crescimento dos borrachos, que em apenas 6 dias conseguem aumentar 8 vezes o seu peso inicial. Enquanto aves como o frango ou a avestruz as taxas de crescimento são, respetivamente, de 0,0450 e 0,0091 g/dia, no pombo verificam-se valores até aos 0,1945 g/dia. Apesar do elevado valor nutricional do LP, também é importante considerar que os borrachos podem ingerir uma quantidade diária de alimento superior ao seu próprio peso. (revisto em Sales *et al.*, 2003; Vandeputte-Poma *et al.*, 1980; Shetty *et al.*, 1992).

A dieta dos progenitores, no entanto, influencia a composição do LP, tendo sido comprovado que dietas reforçadas com óleo de soja resultam num melhor crescimento do borracho. Esta melhoria está associada ao desenvolvimento do trato gastrointestinal, particularmente, no número e tamanho das vilosidades intestinais. Por outro lado, a adição do óleo de soja na dieta do progenitor provocou alterações benéficas na microflora do borracho, pois promoveu a proliferação de bifidobactérias.. Por outro lado, a alimentação com óleo de peixe, com cerca de 30% de ácidos gordos poli-insaturados (C20:1 n-9, C20:5 n-3, C22:6 n-3), provocou alterações adversas na mucosa intestinal, mais precisamente na morfologia das vilosidades intestinais, que levou a um menor ganho de massa corporal pelas crias. Estes efeitos no trato gastro intestinal foram relacionados com a ocorrência de fenómenos apoptóticos promovidos pela ação dos ácidos gordos poli-insaturados (Xie *et al.*, 2013). Noutro exemplo, a incorporação de L-carnitina na água fornecida aos progenitores, resultou em benefícios para os borrachos, nomeadamente, redução da fadiga, melhor eficiência energética no voo e melhor capacidade de resposta imunitária (revisto em Sales *et al.*, 2003). Outra abordagem para promover a saúde e apetência dos borrachos, passa pela injeção de maltose e de sacarose no ovo. Esta técnica permite compensar a limitação nutricional das aves durante o estágio embrionário, onde dependem exclusivamente dos nutrientes disponíveis no ovo. Deste modo, foi possível melhorar a eclodibilidade, o peso corporal

e o estado das reservas energéticas do borracho, faltando comprovar de que modo estes benefícios se estendem para a vida adulta (Dong *et al.*, 2013).

1.2.4 - Alimentação do Pombo Adulto

A maioria dos estudos que se debruçam sobre a alimentação do pombo-correio demonstram um padrão irregular, muito dependente das preferências individuais dos animais. Dentro da dieta do pombo, os alimentos mais comuns são o milho, o trigo, a cevada, o painço branco e vermelho, o sorgo, as sementes de alpiste, a ervilha, as lentilhas, as sementes de girassol e o cânhamo, sendo que destes, os favoritos para os machos e fêmeas são, respetivamente, o milho e as ervilhas (revisto em Sales *et al.*, 2003). Num estudo, provou-se ainda que na presença de alimentos desconhecidos para o animal, este opta por aqueles mais energéticos e com maior teor lipídico. O tamanho também influencia a escolha, havendo uma grande preferência por alimentos mais grosseiros em detrimento dos mais particulados. O uso de alimentos comerciais peletizados é ainda muito reduzido, apesar dos efeitos positivos já observados (Bierdmam *et al.*, 2012).

A elevada taxa metabólica do pombo, aliada ao seu temperamento, leva a que este animal ingira uma quantidade de alimento por peso corporal muito superior a outras aves, como os frangos. A alimentação do pombo-correio requer uma forte componente lipídica, como as oleaginosas, pois é a partir destes compostos que obtêm mais de 50% da energia necessária ao funcionamento muscular. O fato de conseguir metabolizar mais eficientemente lípidos do que hidratos reforça a importância destes na dieta. As necessidades de proteína de um pombo-correio adulto deverão oscilar entre os 12-18%, consoante o grau de atividade. No entanto, na época de criação estes valores deverão ser mais elevados, sendo aconselhado um mínimo de 16% para manter a produção anual de ovos, o peso e eclodibilidade dos ovos e a taxa de mortalidade dos borrachos. Valores de proteína mais elevados resultam num aumento do peso das crias ao desmame e num aumento da taxa anual de ovos por casal. As necessidades energéticas médias deverão rondar as 2900 kcal/kg de matéria seca ingerida (revisto em Sales *et al.*, 2003).

Estratégias de suplementação com amilases, celulasas e outras carbohidrolases já foram sugeridas, tendo aumentado a digestibilidade da matéria orgânica ingerida e da fibra, permitindo um maior rendimento energético. Também foi abordado o uso de lactose e de OSF, no sentido de atenuar ou prevenir os sintomas de salmonelose. Um estudo sobre a doença em galinhas, comprovou que a adição de lactose melhorou a condição de

saúde dos animais, devido à promoção de lactobacillus, aumentando a competição pela colonização da mucosa e produzindo ácidos gordos de cadeia curta tóxicos para a salmonela. Por outro lado, os OSF não tiveram um efeito positivo, pois aumentaram a ingestão de água e reduziram a consistência das fezes, sem qualquer redução na população de salmonela (Jansens et al., 2004; revisto em Sales et al., 2003).

1.3 - Desporto Columbófilo

O desporto columbófilo alia a capacidade atlética do pombo com o seu sentido de orientação e consiste na realização de provas onde milhares de pombos, largados no mesmo local, competem para chegar ao seu pombal no menor tempo possível. Estas provas estão divididas em três classes: (i) a velocidade, quando a distância percorrida está entre os 150-300 km; (ii) o meio-fundo, para percursos entre os 300-500 km; (iii) o fundo, para distâncias superiores a 500 km, havendo registo de provas que atingiram até 1800 km. A columbofilia é praticada em todo o mundo, sendo particularmente famosa em países europeus como a Bélgica, a Holanda, a Alemanha e o Reino Unido. Em Portugal, segundo dados da Federação Portuguesa de Columbofilia (FPC), existem cerca de 18.000 associados praticantes desta atividade, distribuídos por 763 clubes e 14 associações distritais/regionais, responsáveis por cerca de 4.500.000 pombos. O tratamento destes animais é dispendioso, recorrendo-se frequentemente ao uso de antibióticos, suplementos minerais e suplementos vitamínicos, como forma de prevenir infeções ou ornitoses que comprometam a sua *performance* desportiva. Também na alimentação se verificam cuidados acrescidos, adaptando-se a ração às exigências sazonais do animal. (FPC, 2014; Freydiger, 1984; Parsons, 2007).

A época desportiva do pombo-correio, representada na figura 2, encontra-se dividida entre as atividades energética e fisiologicamente mais exigentes, como os concursos, a muda de pena e a época de criação.

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Período - Criação				Período - Criação Tardia							
			Provas Pombos Experientes								
						Provas Pombos Jovens					
						Muda de Pena					
									Defeso		
									Acasalamentos		

Figura 2 - Divisão do ano desportivo do pombo-correio (adaptado de Parsons & Cousquer, 2007)

Está também previsto um período de defeso para que o animal possa recuperar, em parte, a sua forma física, permitindo-lhe responder aos desafios e exigências da época de acasalamentos e de criação (Parsons, 2007). Na parte seguinte do trabalho tentar-se-á associar dados da literatura com as particularidades das rações para o pombo-correio, desenvolvidas especificamente para os diferentes períodos do ano, produzidas pela Versele-Laga (Bélgica), Vanrobaeys (Bélgica) e Ovargado (Portugal).

1.3.1 – Principais Sementes na Alimentação do Pombo Adaptado à Prática Columbófila

As sementes utilizadas em columbofilia dividem-se, quase exclusivamente, em três classes, sendo a principal os cereais, seguido das leguminosas e das sementes oleaginosas.

Na tabela 3 está apresentado um resumo das principais características nutricionais dos grãos de cereais mais utilizados nas misturas para pombos-correio.

Tabela 3 - Aspetos nutricionais dos principais cereais que integram a composição das misturas em columbófila (Adaptado de Adeola, 2006; Blas *et al.*, 2010; Lund *et al.*, 2008; Mehri *et al.*, 2010).

Ingrediente	Proteína Bruta (%)	% da Proteína		Fibra (%)	Amido (%)	Matéria Gorda (%)	Micronutrientes
		Lisina	Met+Cis				
Milho	7,9	2,9	4,3	2,3	73,4	3,5	Fonte de Vit. B1 e B6 e Mg
Trigo Sarraceno	13,2	5,1	3,0	10,0	60,2	3,4	Rico em Vit. B3 ; Fonte de Mg, P, Cu e Mn
Cevada	11,8	3,7	3,9	5,2	59,7	2,0	Rico em vit. B1 ; Boa fonte de Mg, Mn e Se
Sorgo / Dari	8,9	2,3	3,6	2,1	74,5	2,7	Cereal pobre (alguma quantidade de B1, B3, Fe e P)
Painço / Milho-Alvo	12,5	2,8	3,6	2,8	64,2	4,9	Fonte de Vit. B1, Cu e Mn

Os grãos de cereais são, de forma geral, pobres em lisina, ricos em amido facilmente digerível e têm elevado valor energético. A exceção desta lista é o trigo sarraceno, um

pseudo-cereal, pois possui mais proteína, mais lisina e é rico em flavonóides, nomeadamente a rutina e a isovitexina. Estes compostos apresentam atividade antioxidante, anti-inflamatória e são capazes de fortalecer as paredes dos capilares sanguíneos dos animais. Em contrapartida, tem maior quantidade de fibra, teores inferiores de aminoácidos sulfurados, particularmente importantes no desenvolvimento das penas, e são uma fonte moderada de taninos condensados, cuja presença no lúmen intestinal reduz a digestibilidade da proteína. (Sun, 2005, Koyama, 2013). O milho é o cereal mais comum nas misturas e dos mais apreciados pelos pombos-correios. Os teores vitamínicos no milho variam, sendo o milho laranja e o milho vermelho mais ricos em vitamina D do que o típico milho amarelo. A cevada é um cereal mais rico em proteína do que o milho, contudo, é descartada da maioria das misturas devido ao seu teor de fibra. Pelo mesmo motivo, é o cereal mais utilizado em misturas para a época de defeso (de Blás, 2010). O sorgo e as suas variantes, como o dari, são frequentemente utilizados mas em pequenas quantidades, devido aos teores de compostos antinutricionais, como os taninos condensados (Barros, 2012). O painço e os seus derivados destacam-se pela maior riqueza em proteína e matéria gorda do que o milho, mas mantendo um valor energético próximo. Por outro lado, a sua fração lipídica é altamente insaturada. Em columbofilia é comum usar este cereal como complemento à dieta ou como substituto do milho em misturas de gama elevada (Gomes, 2008).

As oleaginosas mais utilizadas no ramo da columbofilia estão apresentadas na tabela 4. Estas sementes destacam-se pela riqueza em lípidos, principalmente na forma de triacilgliceróis ricos em ácidos gordos poli-insaturados, pelo elevado teor de proteína e também de fibra.

A adição de semente de cânhamo é comum em todas as etapas do ano, exceto no defeso. Esta semente, em quantidades moderadas, deixa os pombos menos ansiosos devido à presença de tetra-hidrocarabinol, um composto isoprenóide aromático com propriedades calmantes e anti-oxidantes. Contudo, a adição de cânhamo em excesso pode conduzir a danos irreversíveis no sistema nervoso do animal, devido à sua atividade psicotrópica. Estas propriedades são aproveitadas durante a muda de pena, a criação e no transporte do pombo-correio até aos locais das provas (Mechoulam, 2013). O cártamo, por sua vez, é constituído por triacilglicerídeos ricos em ácidos gordos poli-insaturados e em proteína, contudo, a sua casca, não ingerida pelo pombo-correio, corresponde a cerca de 45% do peso total da semente. A semente de girassol é a mais rica em matéria gorda, em vitaminas lipossolúveis, principalmente em vitamina E, e não possui fatores anti-

nutricionais associados. Por estes motivos é muito comum em alimentos para pombo (Malakian, 2010). A colza possui mais proteína do que as sementes anteriores, maior quantidade de aminoácidos essenciais, é muito rica em lípidos e tem os teores mais elevados de vitaminas D e K. Em contrapartida, a presença de elevadas quantidade de ácido erúico e glucosinolatos, ambos factores anti-nutricionais, limita a quantidade que se pode utilizar (Mulrooney, 2009). A perilha é uma semente particularmente rica em fibra e a sua fração lipídica contém muitos ácidos gordos ω -3. Esta última característica é partilhada pela linhaça, que também é rica em proteína e possui menos fibra, contudo, também apresenta glicosídeos cianogénicos e fatores anti-piridoxina (Longvah, 2000).

Tabela 4 - Aspetos nutricionais das principais sementes oleaginosas que integram a composição das misturas em columbófila (Adaptado de Chapoutot *et al.*, 2015; Blas *et al.*, 2010; Longvah *et al.*, 2000; Malakian, 2010; Tran, 2015). (*dados apenas para a metionina)

Ingrediente	Proteína Bruta (%)	% da Proteína		Fibra (%)	Amido (%)	Matéria Gorda (%)	Micronutrientes
		Lisina	Met+Cis				
Cânhamo	23,9	2,7	2,2*	16,5	-	35,7	Rico em Mg, Fe e Zn
Cártamo	15,6	3,2	3,2	31,1	-	32,2	Rico em Vit. B1 e B6; Fonte de Mg, P, Cu e Mn;
Girassol	16,6	3,9	4,0	17,2	1,3	47,9	Rico em Vitaminas E, B1, B6, B9; Rico em Mg, P, Cu, Mn e Se;
Colza	20,9	6,5	4,5	10,1	3,7	46,0	Fonte de Vit. E e K ; Fonte razoável de Ca, P e K
Perilha	17,7	-	-	20,8	-	43,4	Rica em Vit. B1, B3, B6, B12 e H; Boa Fonte de Ca, Mg, P, Fe, Zn, Cu, Mn
Linhaça	23,7	4,1	3,9	10,4	5,2	37,2	Presença de Vit. B1 ; Fonte de Mg, P, Cu e Mn

As leguminosas compõem o último grupo de sementes da dieta do pombo-correio. É possível encontrar na tabela 5 as características nutricionais mais relevantes das leguminosas mais comuns em columbófilia.

Todas estas sementes são muito semelhantes, possuindo elevada quantidade de proteína, baixo teor lipídico e grandes reservas de amido. A proteína das leguminosas combina bem com a dos cereais, devido à grande percentagem de lisina. Estas sementes são ainda muito ricas em minerais e em vitaminas B1, fundamental no metabolismo dos hidratos de carbono, B6, cofator nas reações de transaminação e B9, fundamental para a eritropoiese. A grande limitação no uso de leguminosas prende-se com a abundância de fatores anti-nutricionais, onde se destacam os inibidores da tripsina, as leptinas e os taninos.

Tabela 5 - Aspetos nutricionais das principais leguminosas que integram a composição das misturas em columbófilia (Adaptado de Blas *et al.*, 2010; Heuzé *et al.*, 2015).

Ingrediente	Proteína Bruta (%)	% da Proteína		Fibra (%)	Amido (%)	Matéria Gorda (%)	Micronutrientes
		Lisina	Met+Cis				
Ervilha	23,9	7,2	2,4	6,0	42,5	1,2	Ricas em Vit. B1 e B9 ; Fontes de P, Cu e Mn
Ervilhaca	28,4	5,8	1,8	4,7	37,4	1,5	Fonte de P e K e Fe
Fava	29,0	6,2	2,0	9,1	44,7	1,4	Ricas em Vit. B1 e B9 ; Fontes de Fe, Mg, P, K, Cu e Mn
Feijão Mungo	25,8	6,9	2,1	6,3	40,5	1,9	Ricas em Vit. B1 e B9 ; Fontes de Fe, Mg, P, K, Cu e Mn
Feijão	24,8	6,5	2,2	5,2	42,7	1,7	Ricas em Vit. B1 e B9 ; Fontes de Fe, Mg, P, K, Cu e Mn

1.3.2 – Fatores anti-nutricionais nas sementes utilizadas em columbofilia

A presença de fatores anti-nutricionais é comum nas sementes e conduz à redução do valor nutricional destes alimentos. Na tabela 6 estão discriminados os fatores anti-nutricionais mais comuns aos cereais, às sementes oleaginosas e às leguminosas.

Tabela 6 - Principais fatores anti-nutricionais nas sementes utilizadas em columbófilia e a sua distribuição entre as principais classes (Adeola et al, 2006; Gilani et al, 2012; Gomes et al, 2008; Longvah et al, 2000; Malakian et al, 2010; Marcondes et al, 2009).

Compostos	Cereais	Oleaginosas	Leguminosas
Taninos	✓	✓	✓
Glucosinolatos	-	✓	-
Glicósidos cianogénicos	-	✓	✓
Glicósidos fenólicos	-	✓	-
Fitatos	✓	✓	✓
Fatores anti-piridoxina	-	✓	-
Inibidores de tripsina	✓	✓	✓
Saponinas	-	-	✓
Ácido erúico	-	✓	-
Lectinas	-	-	✓
β-Cianoalanina	-	-	✓

A neutralização destes fatores anti-nutricionais e o desenvolvimento de plantas geneticamente modificadas, pobres nestes metabolitos secundários, são estratégias cada vez mais importantes para evitar a perda do valor nutricional destas matérias-primas. Já foi, entretanto, comprovado que o processamento térmico de diferentes vegetais, com recurso a pressão e humidade elevada, foi capaz de reduzir em mais de 75% os teores de taninos e ácido fítico e eliminar perto de 100% das saponinas e lectinas das amostras (Shimelis, 2007).

1.3.2.1 - Taninos hidrolisáveis e taninos condensados

Os taninos são polifenóis que se destacam pela capacidade de interagir com macromoléculas, nomeadamente proteínas e amido, resultando na redução da digestibilidade e disponibilidade destes nutrientes. Estes compostos encontram-se em inúmeras espécies vegetais e apresentam uma elevada diversidade estrutural, dividindo-se em dois grupos, os taninos hidrolisáveis e os taninos condensados, representados na

figura 1. Os taninos hidrolisáveis consistem em ácidos fenólicos simples como o ácido gálico, esterificados com polióis, geralmente a glucose. Os taninos condensados, também designados por pró-antocianidinas, são polímeros e oligómeros de flavan-3-óis, podendo variar entre as 2-100 unidades monoméricas (Bourvellec, 2012).

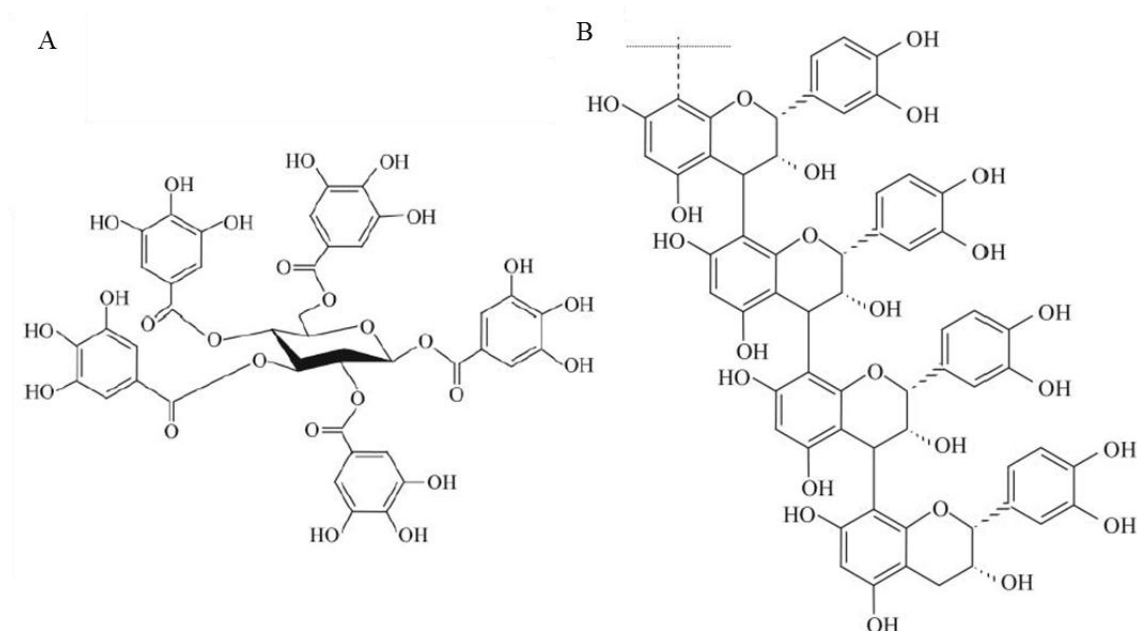


Figura 3 - A - Estrutura de um tanino hidrolisável (β-penta-O-galloyl-D-glucose); B - Estrutura de um tanino condensado (procianidina do tipo B) (adaptado de Bourvellec *et al*, 2012).

Os mecanismos de interação dos taninos variam consoante as macromoléculas e o peso molecular dos próprios polifenóis. Em relação ao amido, identificam-se três mecanismos: (i) os taninos competem com o amido pelas moléculas de água, dificultando, o processo de gelificação e reduzindo a sua digestibilidade; (ii) Pro-antocianidinas de baixo peso molecular interagem com as cadeias de amilose, resultando na formação de complexos insolúveis e retardando o processo de retrogradação do amido (processo de estabilização do amido após a gelatinização); (iii) Taninos de maior peso molecular interagem diretamente com os poros dos grânulos de amido e formam complexos de inclusão. A formação destes complexos depende da organização helicoidal da amilose presente à superfície dos poros, pois esta facilita a formação de interações hidrofóbicas com os taninos, que em conjunto com pontes de hidrogénio, estabilizam a estrutura e aumentam a resistência do amido à ação enzimática (Barros, 2012).

A perda de digestibilidade da proteína por ação dos taninos é particularmente importante em alimentação animal, pois as fontes proteína são mais caras do que as de amido. As moléculas de taninos interagem com as proteínas através da formação de pontes de hidrogénio. Quando o mesmo tanino se liga a diferentes proteínas, forma um agregado estável, que tende a aumentar de tamanho pela ligação de mais taninos e, consequentemente, mais proteínas. Estes aglomerados vão bloquear eficazmente a interação entre os centros ativos das enzimas e os seus substratos, reduzindo a digestibilidade das frações proteicas (Bourvellec, 2012). A formação destes complexos verificou-se mais provável na presença de proteínas ricas em prolina/hidroxiprolina, com carácter hidrofóbico e com elevado peso molecular (Siebert, 1996).

1.3.2.2 – Glucosinolatos, glucósidos cianogénicos, glucósidos fenólicos e saponinas

Para se defenderem dos seus predadores, as plantas possuem uma ampla variedade de metabolitos secundários que apresentam efeitos tóxicos nos animais. Dentro destes metabolitos, encontram-se várias classes de glucósidos, compostos formados através da associação de um açúcar, normalmente um monossacarídeo, a uma molécula de outra natureza, a aglicona. Através da associação dos monossacarídeos, as plantas armazenam substâncias tóxicas, como o cianeto de hidrogénio (HCN), em formas inertes, que são libertadas após a lise celular, por ação de glucosidases citoplasmáticas (Mithofer, 2012). Na figura 2, estão representadas as classes de glucósidos mais comuns: os glucosinolatos, os glucósidos cianogénicos, os glucósidos fenólicos e as saponinas.

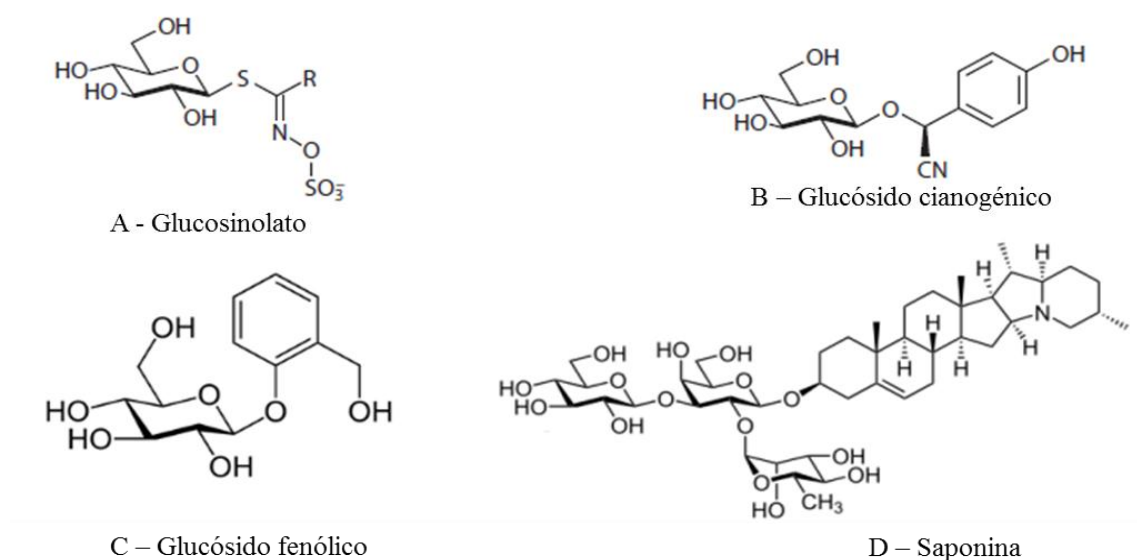


Figura 4 - Estrutura química dos principais glucósidos com propriedades anti-nutricionais, presentes nas plantas. A – glucosinolatos; B – glucósido cianogénico (durrina); C – glucósido fenólico (salicilina); D – Saponina (α -solanina). (Adaptado de Mithofer *et al.*, 2012; Lindroth *et al.*, 1988 e Friedman, 2006)

Os glucosinolatos são tio-glucósidos encontrados em plantas da família das brassicáceas, como a colza. Estes compostos são ativados pela atividade da mirosinase, presente no citoplasma, que conduz à libertação de isotiocianatos e de nitrilos. Os isotiocianatos são compostos amargos que reduzem a apetência das rações para frangos e impedem a absorção de iodo pela tiróide, conduzindo a uma atividade anormalmente elevada deste órgão, refletida na presença de hiperplasia e hipertrofia folicular. Os nitrilos, por outro lado, são compostos tóxicos com efeito nefasto para o sistema nervoso, fígado, rins e trato gastrointestinal. A toxicidade dos nitrilos provém da libertação de cianeto durante o seu processo de degradação (Halkier, 2006; Francis, 2001). Os efeitos dos glucosinolatos na alimentação aviária já foram estudados, tendo-se concluído que a sua presença conduz a perdas de peso e ao aumento de mortalidade em frangos, enquanto em galinhas poedeiras também reduz o número e o peso dos ovos (Tripathi, 2007).

Os glucósidos cianogénicos estão presentes em mais de 2500 plantas, nomeadamente na linhaça e em grande parte das sementes de leguminosas. Estes glucósidos tornam-se tóxicos quando, após a lise celular, contactam com glicosidases citoplasmáticas libertadoras de HCN. O HCN é um composto tóxico que afeta a respiração normal, por ligação ao ferro presente no centro ativo da hemoglobina e impedindo a ligação do oxigénio, provocando morte por paragem cardio-respiratória. Por outro lado, o cianeto afeta a respiração celular na mitocôndria, pois liga-se ao complexo IV, a oxidase do citocromo-C, inibindo a ligação de oxigénio e bloqueando o fluxo de eletrões (Mithofer, 2012). Estudos demonstraram que doses não letais de glucósidos cianogénicos nas rações retardam o crescimento em frangos e galinhas poedeiras (Arshami, 2010).

Os glucósidos fenólicos são, como o nome indica, glucósidos em que a aglicona é um composto fenólico. Estes metabolitos constituem uma forma de armazenar compostos fenólicos e evitar que sofram oxidação enzimática. Por outro lado, compostos fenólicos tóxicos absorvidos pela planta são neutralizados pela ligação a um açúcar e armazenados, podendo mais tarde funcionar como uma defesa contra animais ou insetos herbívoros. Esta defesa consiste na perda de palatabilidade das plantas, repelindo vários herbívoros. Nos insetos já se comprovou que elevadas concentrações destes metabolitos conduzem a atrasos no desenvolvimento e perda de viabilidade (Boeckler, 2011).

As saponinas são metabolitos secundários da família dos glicósidos esteróides e estão presentes em vegetais como a batata, o tomate e o feijão, onde desempenham funções protetoras contra todo o tipo de seres vivos, desde bactérias a animais. São, portanto,

metabolitos tóxicos, capazes de desencadear sérios problemas gástricos e neurológicos, consoante as concentrações ingeridas. A sua toxicidade é justificada por três propriedades: (i) a sua ação tensioativa; (ii) a capacidade de ligar a macromoléculas; (iii) a capacidade de inibir enzimas por ligação ao centro ativo (Itkin, 2013). A ação tensioativa das saponinas ocorre devido à sua capacidade de impedir o transporte de cálcio e sódio através das membranas plasmáticas. Esta ação impede a realização de transporte ativo de outras moléculas e culmina com a rotura das membranas. A capacidade de ligar a macromoléculas é preocupante no caso das proteínas, pois forma complexos pouco digeríveis e reduz o valor nutricional dos alimentos. Por outro lado, as saponinas formam complexos fortes com o colesterol e posteriormente, conduzem à rotura das células de armazenamento destes esteróis, com efeitos negativos para os organismos. Certas saponinas conseguem também inibir a esterase da acetilcolina e a esterase da butirilcolina, duas enzimas que catalisam a hidrólise do neurotransmissor acetilcolina durante as sinapses, no sistema nervoso central. Outra enzima inibida por glucósidos esteróides é a descarboxilase da ornitina, uma enzima que promove a formação de putrescina. Este intermediário pode, posteriormente, formar poliaminas capazes de interagir com o ADN e afetar a divisão celular, particularmente a nível hepático (Friedman, 2006).

1.3.2.3 – Fitatos

Os fitatos, ou hexafosfatos de mio-inositol, são compostos comuns nas sementes das plantas, onde funcionam como reservas de fósforo. A utilização destas reservas implica a presença de uma enzima, a fitase, que hidrolisa ligações fosfo-monoester libertando ortofosfatos inorgânicos. Contudo, os animais monogástricos não possuem esta enzima e são incapazes de obter iões fosfato a partir deste substrato (Mullaney *et al*, 2003).

Na ausência da fitase, os fitatos funcionam como agentes quelantes de iões di- e trivalentes, nomeadamente, Mg^{2+} , Ca^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{3+} e Fe^{3+} , impedindo que sejam absorvidos pelo organismo. Os fitatos, quando associados a Mg^{2+} , Ca^{2+} , podem ainda associar-se a lípidos e a resíduos básicos de péptidos (lisina, histidina e arginina), formando complexos. Nos complexos com péptidos, a fração proteica tende a organizar-se em torno das cargas negativas do ião fitato, formando um agregado macromolecular mais difícil de digerir, enquanto com os lípidos ocorre a formação de tensioativos metálicos que também influenciam negativamente a digestão. A presença de fitatos na alimentação de frangos demonstrou uma diminuição na assimilação de aminoácidos e

minerais. Noutros animais, a presença dos fitatos resultou em carências nutricionais, que por sua vez, levam a perdas de peso e a problemas na tiróide, rins e trato gastrointestinal dos animais (Selle *et al.*, 2007; Selle *et al.*, 2012).

1.3.2.4 – Lectinas

As lectinas vegetais são proteínas que pertencem à família das fitohemoglutininas e podem encontrar-se na maioria das sementes de leguminosas. Estas proteínas têm a capacidade de reconhecer e de se ligar a estruturas repetitivas de monossacarídeos, com resíduos terminais de manose, N-acetil-glucosamina e D-galactose. Desta forma, podem interagir com glicoproteínas e glicopéptidos, presentes nas membranas de fungos, bactérias e das paredes intestinais, desencadeando fenómenos apoptóticos. Apesar das lectinas serem proteínas, a sua estrutura confere-lhes alguma resistência à ação proteolítica das enzimas intestinais (Douglas *et al.* 1999, Francis *et al.*, 2001, Rudd *et al.*, 2001). A atividade das lectinas no intestino delgado afeta múltiplos processos metabólicos do intestino e causa danos morfológicos nas vilosidades. No caso das lectinas da soja, ocorre uma ligação extensiva à superfície estriada do intestino delgado, causando danos graves na mucosa e nas microvilosidades. Devido às lesões no epitélio intestinal, verifica-se uma grande diminuição na quantidade de vacúolos absorptivos, uma diminuição do tamanho das microvilosidades dos enterócitos e um aumento da densidade de células caliciformes. Estas últimas são responsáveis pela produção de mucina, que quando produzida em excesso surge como marcador de danos morfológicos. A atividade das lectinas também afeta outras partes do organismo, nomeadamente, provocam a depleção dos lípidos armazenados no tecido adiposo, promovem o aumento do volume do fígado e levam à perda de tecido muscular. Os efeitos das lectinas nos animais passam pela redução do apetite devido às lesões nos enterócitos intestinais, que por sua vez causa uma redução das taxas de crescimento e de aproveitamento da ração (Douglas *et al.*, 1999).

1.3.2.5 – Outros fatores anti-nutricionais variados

Os fatores anti-piridoxina (vitamina B₆) são, geralmente, compostos com grupos amina livres, com estruturas análogas à hidrazina, como a mimosina e a linatina, presentes nas leguminosas e na linhaça, repetivamente. Estes compostos são capazes de reagir com a piridoxina, formando hidrazonas. Estas vão impedir a formação de piridoxal fostafato, uma co-enzima fundamental para diversas reações do metabolismo de aminoácidos, nomeadamente, transaminações, descarboxilações e desaminações. Para além do papel

na formação do piridoxal-fosfato, outras funções da piridoxina são afetadas, nomeadamente, a sua atividade antioxidante, anti-inflamatória e ainda o seu papel no metabolismo do colesterol. As principais desordens metabólicas associadas à inibição da piridoxina são a necrose e esteatose hepática e problemas no metabolismo dos aminoácidos, principalmente da metionina (Mayengbam *et al.*, 2014; Mayengbam *et al.*, 2015).

Distribuídos entre as espécies vegetais encontram-se vários inibidores de enzimas digestivas como a tripsina, a quimotripsina, as carbopeptidases, a elastina ou a α -amilase. Estes inibidores enzimáticos permitem, simultaneamente, reduzir a digestibilidade da fração proteica dos alimentos e impedir que fatores anti-nutricionais como as lectinas sejam degradados. Atualmente, a soja é a principal fonte de proteína em alimentação animal, contudo, também é a maior fonte de inibidores de tripsina. Estes são péptidos que se distribuem em duas categorias: os inibidores Kunitz e os inibidores Bowman-Birk. Os primeiros têm uma massa molecular de 21,5 kDa, possuem duas pontes dissulfeto e atuam especificamente sobre a tripsina, enquanto os inibidores Bowman-Birk, com apenas 8 kDa e uma elevada proporção de pontes dissulfeto, conseguem inibir tanto a tripsina como a quimotripsina. Os efeitos negativos destes inibidores passam pelo aumento da libertação de proteases pancreáticas, acompanhado por hipertrofia e hiperplasia do pâncreas. Devido à riqueza destas proteases em aminoácidos sulfurados, a sua sobre-expressão implica a mobilização de metionina e cisteína a partir do resto do organismo, podendo desencadear novos desequilíbrios (Gilani *et al.*, 2012).

O ácido erúico é um ácido gordo ómega-9 monoinsaturado (22:1 ω 9) que constitui cerca de 50% do teor total de ácidos gordos nos cultivares mais antigos de colza. Este ácido gordo não é completamente metabolizado pelo músculo cardíaco e, por esse motivo, dietas ricas em ácido erúico são responsáveis por: lesões a nível do miocárdio; acumulação anormal de gordura nos tecidos animais; diminuição no ganho de peso do animal. Atualmente, a maior parte das cultivares de colza apresentam teores de ácido erúico inferiores a 2% (Nesi *et al.*, 2008).

A ervilhaca é uma leguminosa nutricionalmente interessante, contudo, possui duas toxinas particularmente letais para o setor aviário, a β -cianoalanina e a γ -glutamyl- β -cianoalanina. Estas toxinas inibem a via da trans-sulfuração e impedem a interconversão entre cisteína, homocisteína e metionina. Deste modo, afetam a disponibilidade de aminoácidos sulfurados obtidos através da dieta, já limitantes nas leguminosas. A

adição de ervilhaca sem qualquer tratamento provocou um aumento na mortalidade de frangos, uma diminuição de 33% na taxa de crescimento de pintos e reduziu a postura de ovos em galinhas poedeiras (Darre *et al.*, 1998).

1.3.3 – Alimentação na Época de Concursos

A época de concursos é, a nível fisiológico, a que exige mais do pombo-correio. Nos esforços mais curtos e intensos, a energia provém principalmente das reservas de glicogénio hepático e muscular, o que é comprovado pelos picos de glucose verificados no plasma de indivíduos logo após conclusão destas provas. Após 1-2 horas de voo, a obtenção de energia passa a depender essencialmente da mobilização de lípidos de reserva, através da oxidação de glicerol e de ácidos gordos, principalmente 16:1, 18:1 e 18:2. Com o aumento da duração dos voos (4-5 horas), há um pico intenso na produção de corpos cetónicos, principalmente de β -hidroxibutirato, que vai promover a poupança da glucose ainda presente no organismo, assim como evita a mobilização de alanina e a catálise proteica. Ao evitar a degradação proteica, o organismo não compromete o transporte plasmático de lípidos, assegurado por lipoproteínas, permitindo uma mobilização contínua e eficiente. Por outro lado, o transporte de ácidos gordos para a mitocôndria depende da presença de L-carnitina, cujo precursor é a lisina. Contudo, a partir das 5-6 horas de voo as reservas de lípidos esgotam-se, e os aminoácidos surgem como o principal motor energético, a partir de vias glicogénicas, o que resulta no aumento da produção de ácido úrico (Schwilch, 1996; Hullár, 2008).

O carácter insaturado dos ácidos gordos, presentes nos lípidos de reserva, tornam-os mais suscetíveis a fenómenos de oxidação lipídica. Através da análise do plasma de pombos sujeitos a longos percursos, foi comprovado um aumento da quantidade de metabolitos reativos de oxigénio, principalmente hidroperóxidos, não acompanhado pelo aumento da capacidade antioxidante do plasma, gerando-se um ambiente de elevado stresse oxidativo. Nestas condições justifica-se o recurso ao catabolismo dos aminoácidos, uma vez que o ácido úrico resultante possui propriedades antioxidantes, podendo proporcionar uma defesa extra nos voos longos. A idade dos pombos também influencia a capacidade de resposta aos fenómenos oxidativos, com os pombos mais velhos a esgotarem mais rapidamente as suas reservas de compostos antioxidantes. (Constantini, 2008a; Constantini, 2008b).

Na tabela 7 estão apresentadas diferentes rações produzidas especificamente para a época de concursos, podendo-se constatar alguma variabilidade na composição

nutricional, consoante as marcas.

Tabela 7 - Composição nutricional de diferentes rações comerciais e de formulações sugeridas na literatura, para pombos-correios, desenvolvidas especificamente para a época de concursos.

Marca e Designação do Produto			%			
			Proteína bruta	Matéria Gorda	Fibra	Cinza bruta
Versele-laga (Bélgica)	Gerry Plus I.C.+	VLGP	10,5	9,0	7,5	2,5
	Superstar Plus I.C.+	VLSP	14,0	8,0	6,0	3,0
	Champion Plus I.C.+	VLCP	14,5	9,0	7,0	2,5
	Energy Plus I.C.+	VLEP	21,5	24,5	12,0	4,0
Vanrobaeys (Bélgica)	Exclusive Racing	VBRE	15,0	8,7	6,0	-
Jacques Freydiger - Mistura Para Concursos		JFMC	16,7	6,8	6,0	2,8
Ovargado (Portugal)	Pombos Concursos	OVGC	12,0	4,9	4,1	2,2
	Pombos Super Concurso	OVGS	13,0	8,7	5,8	2,6

A Versele-Laga, uma empresa de topo, apresenta um produto rico em hidratos de carbono, em prol da proteína (VLGP), apropriado para provas de velocidade, assim como produtos de composição intermédia, (VLSP e VLCP), com um equilíbrio de proteína e lípidos, mais apropriados para provas de meio-fundo (Superstar Plus & Champion Plus). Além destas opções, disponibilizam ainda uma ração muito reforçada em proteína e lípidos, apropriada para as provas de resistência (VLEP). Esta é acompanhada por uma maior quantidade de compostos minerais, visível nos teores de cinza bruta, e de fibra. Este balanço entre fibra e minerais será fundamental para garantir um bom funcionamento do trato gastro intestinal do animal, enquanto o elevado teor de proteína ajuda a manter a massa muscular e a mobilizar/armazenar os ácidos gordos. A Vanrobaeys apresenta a mistura VBRE que, tal como as rações VLCP e VLSP, possui teores de proteína e de matéria gorda elevados, quando comparados à dieta normal (descrita em Sales et al., 2003). Estes teores são adequados para provas de distâncias intermédias e longas. A formulação JFMC, sugerida na literatura, indica um rácio proteína/matéria gorda mais elevado que as rações Versele-Laga, mas mantendo um teor de lípidos ainda considerável, podendo ser particularmente benéfica na preparação para provas de meio-fundo. A Ovargado apresenta duas variedades distintas, uma mais rica em lípidos e proteína (OVGS), e outra com teores mais reduzidos destes nutrientes, compensando no aumento de hidratos de carbono (OVGC). Ambas as rações

têm uma menor quantidade de proteína, podendo comprometer o desempenho do animal nas provas de fundo e meio-fundo. Por outro lado, têm maior quantidade de cereais e portanto, de hidratos de carbono, tornando-as mais apropriadas para provas de velocidade.

Na figura 5 é feita uma comparação das rações com base nas sementes, granulados ou extrusados que as compõem.

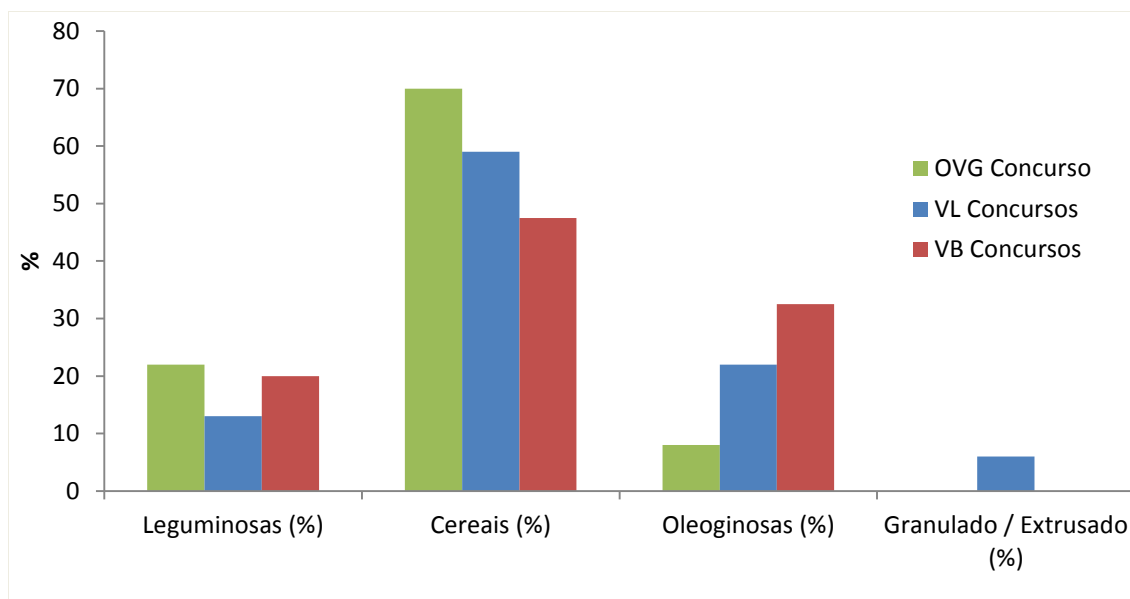


Figura 5 - Proporção das diferentes classes de sementes nas misturas para concursos das marcas Ovargado (OVG), Versele Laga (VL) e Vanrobaeys (VB).

Através da análise da figura entende-se que a discrepância nos teores de proteína e matéria gorda entre a mistura OVGC e as misturas VBER e VLCP, deve-se principalmente, à falta de sementes oleaginosas e ao excesso de cereais. Esta diferença leva a que a mistura OVGC tenha menor valor energético e um possível défice de vitaminas lipossolúveis. Em relação às misturas VBER e VLCP, verificou-se que a VLCP tem menor quantidade de leguminosas e de oleaginosas, contudo, possui granulados e extrusados de composição desconhecida que compensam esse défice.

1.3.4 – Alimentação do Período da Muda de Pena

A muda de pena consiste no processo em que o pombo-correio, à semelhança das restantes aves, procede à troca progressiva das suas penas corporais. Em columbofilia este fenómeno assume particular importância, uma vez que uma muda inadequada conduz a penas de pior qualidade, comprometendo seriamente a próxima jornada

desportiva. A muda é muito exigente do ponto de vista fisiológico e só se inicia quando o animal se encontra em bom estado de saúde e com reservas energéticas adequadas. Animais debilitados tardam a iniciar o processo e dispõem de menos tempo para o executar, resultando em penas primárias de pior qualidade, apresentando maior rigidez, menor peso, menor comprimento e ráquis mais estreitas (Dawson, 2000; Freydiger, 1984).

As penas são estruturas compostas por cerca de 95% de proteína, principalmente queratina com uma estrutura bastante homogênea, baixo peso molecular (10.400 kDa) e rica em serina (15,1%), glicina (13,9% e cisteína (8,2%). Em certas espécies de aves, as penas podem representar até cerca de 30% do peso corporal, o que torna a mobilização de proteína associada à muda, num processo muito exigente (Gregg, 1986; Saino, 2013). A extensa vascularização das penas também é um fator relevante, pois implica que durante este processo o animal aumente a atividade hematopoiética. Contudo, a análise dos parâmetros bioquímicos do plasma revelou baixos níveis de eritrócitos, que por sua vez, são deficientes em hemoglobina, o que suporta a conclusão de que a produção das penas consome a maior parte da proteína ingerida, comprometendo outros processos. Por outro lado, a queda das penas deixa o animal desprotegido e conduz a maiores gastos energéticos com regulação térmica (Kasprzak, 2006). As diferentes rações para a muda de pena estão apresentadas na tabela 8.

Tabela 8 - Composição nutricional de diferentes rações comerciais para pombos-correios e de formulações sugeridas na literatura, desenvolvidas especificamente para a época da muda.

Marca e Designação do Produto			%			
			Proteína bruta	Matéria Gorda	Fibra	Cinza bruta
Versele-laga	Mutine Plus I.C.+	VLMP	16,5	6,5	5,0	3,0
Vanrobaeys	Exclusive Moulting	VBEM	15,8	9,1	6,5	-
Jacques Freydiger, 1984 - Mistura Para Muda			JFMM	16,6	8,5	6,3
Ovargado	Pombos Muda	OVGM	13,0	5,5	4,2	2,3

Tal como nas rações dirigidas à época de concursos, a Versele Laga (VLMP), a Vanrobaeys (VBEM) e a literatura (JFMM) fornecem as rações/formulações que melhor se adequam às exigências deste período, enquanto a OVGM será a menos apropriada. Atendendo às necessidades de proteína durante a muda e ao fato desta fase condicionar a síntese proteica em todo o organismo, dietas mais pobres em proteína serão menos

eficientes. Por outro lado, fornecer maior quantidade de lípidos pode promover a acumulação de tecido adiposo e funcionar como mecanismo de insolação, diminuindo os gastos energéticos na termorregulação, e promovendo a *performance* dos animais. A figura 6 permite fazer a comparação das misturas para a época da muda, das diferentes marcas, com base nas sementes, granulados ou extrusados que as compõem.

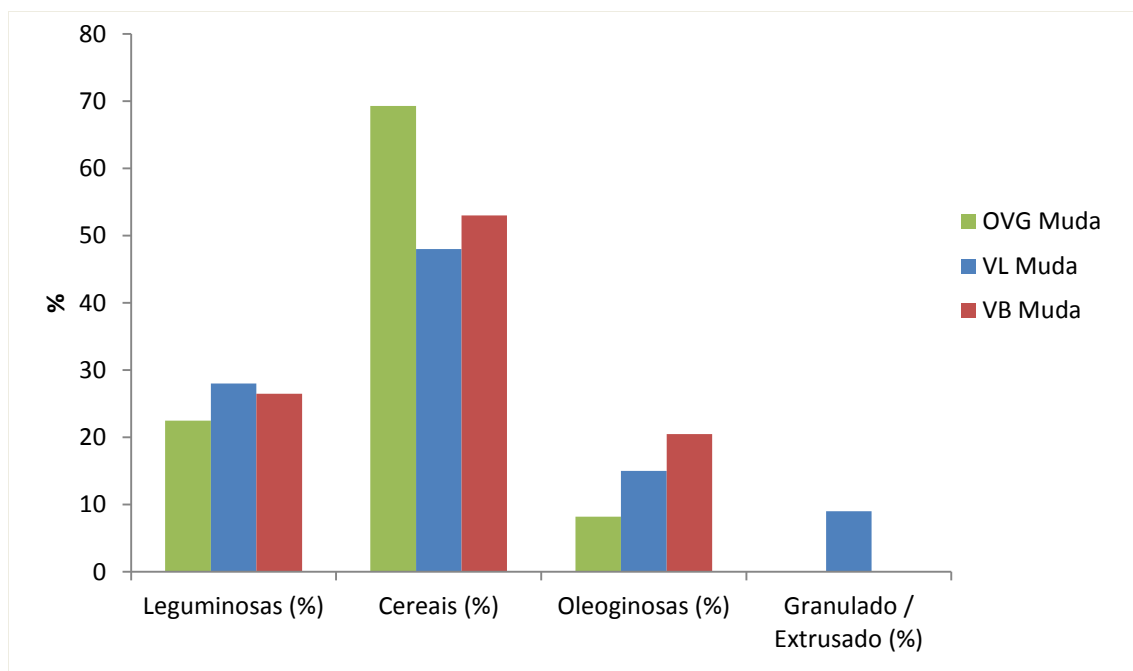


Figura 6 - Proporção das diferentes classes de sementes nas misturas para muda das marcas Ovargado (OVG), Versele Laga (VL) e Vanrobaeys (VB).

Aqui verifica-se que a grande discrepância no teor de lípidos entre as misturas OVGM e VBMP e a VBEM se deve exclusivamente ao conteúdo em sementes oleaginosas. Contudo, a mistura VBMP compensa o menor teor de oleaginosas com os extrusados e granulados e, portanto, consegue manter os valores de proteína elevados, ao contrário das misturas OVGM.

1.3.5 – Alimentação no Período de Criação

O período de criação engloba diferentes etapas, na sua maioria partilhadas por ambos os progenitores, como o acasalamento, a construção do ninho, a incubação e a alimentação/criação da ninhada. Por outro lado, a ovulação e a postura dos ovos só dependem das fêmeas. Em columbofilia, muitos criadores evitam que os seus pombos (aptos para competição) procriem, pois esta atividade implica um elevado investimento

energético. Deste modo, o animal não produz reservas de glicogénio nem desenvolve tecido adiposo, comprometendo o desempenho desportivo, por outro lado, encurta o período disponível para treinos de preparação para concursos. (Landericy, 1967).

Diferenças verificadas durante as fases do período de criação, relativamente à massa corporal e a parâmetros bioquímicos do plasma estão apresentados na tabela 9.

Tabela 9 - Parâmetros bioquímicos do plasma de *Columba livia* durante as diferentes etapas do período de criação, assim como da época pré-criação (adaptado de Gayathri *et al.*, 2004)

Parâmetro	Sem Criar	Acasalamento	Construção do Ninho	Incubação - Início	Incubação - Final	Criação da Ninhada
Massa Corporal (g)	287,0	270,0	301,0	294,0	290,0	264,0
Proteína (g/L)	33,0	34,7	37,7	32,3	22,8	32,0
Colesterol (mM)	6,0	4,6	5,6	4,6	5,6	5,9
Glucose (mM)	15,5	18,1	15,2	16,9	15,2	22,1
Potássio (mM)	4,1	2,4	3,1	3,7	3,9	3,7
Cálcio (mM)	2,2	0,9	1,9	2,6	2,3	1,8

Em relação ao período de acasalamento, verifica-se uma perda de peso que é justificada com as mudanças comportamentais durante o cortejamento e com a recrudescência dos órgãos genitais, que implicam um aumento das taxas metabólicas e, consequentemente, do consumo de energia. Durante a construção dos ninhos, não ocorrem grandes alterações, sendo que o aumento de peso e de proteína poderão ser uma forma de ganhar reservas para as próximas etapas. Entre o início e o fim da incubação verifica-se uma grande diminuição nos teores de proteína que coincidem com o início da produção do LP. Na etapa final observam-se as maiores variações, indicando que a criação da ninhada é altamente exigente, muito por causa da produção contínua de LP, e conduz à perda de massa corporal. Os teores plasmáticos de cálcio diminuem significativamente enquanto os de glucose aumentam, refletindo a atividade da prolactina, que por sua vez está associada à produção do LP. No caso das fêmeas da espécie, é também necessário considerar os períodos antes e após a postura dos ovos. Pouco antes da postura dos ovos as principais alterações verificadas foram o aumento dos teores de hemoglobina, coincidentes com o aumento de proteína total, e o aumento dos níveis de sódio. Após a postura verificam-se quebras elevadas na proteína, triglicerídeos, cálcio, fósforo e colesterol plasmáticos, pois começam a ser mobilizados para a produção do novo ovo (Gayathri, 2004; Gayathri, 2006; Dong, 2013). Noutro estudo foi verificado que a

variação entre uma dieta normal e uma dieta nutricionalmente pobre, pouco afetou a produção média de ovos, assim como também não reduziu os teores de antioxidantes hidro e lipossolúveis. Houve, contudo, efeitos no animal, que quando submetido a uma alimentação mais pobre, perdeu consideravelmente mais peso (Constantini, 2010).

A tabela 10 apresenta as rações encontradas no mercado e dirigidas a esta fase do ano. Para estas misturas, todas as marcas reconhecem a necessidade de teores elevados de proteína, usada tanto para a produção de LP como para a produção do ovo. Também seria expectável que os teores de matéria-gorda fossem altos, pois a produção da gema do ovo pelas fêmeas e a produção do LP implicam uma elevada quantidade de lípidos, contudo, as rações analisadas possuem valores surpreendentemente baixos. Os teores de cinza, onde estão refletidos os teores de cálcio e outros minerais, são semelhantes entre os diferentes produtos.

Tabela 10 - Composição nutricional de diferentes rações comerciais para pombos-correios, desenvolvidas especificamente para a época de criação.

Marca e Designação do Produto			%			
			Proteína bruta	Matéria Gorda	Fibra	Cinza bruta
Versele-laga	Cria Start Plus I.C.+	VLCS	16,5	5,5	5,5	2,5
Vanrobaeys	Breeding Exclusive	VBBE	14,4	6,4	6,3	-
Ovargado	Pombos Criação	OVGB	15,0	4,2	4,5	2,4

Atendendo que o pombo-correio selvagem deve ingerir entre 16-18% de proteína durante o período de criação, seriam de esperar alimentos comerciais mais nutritivos e ricos em proteína. Esta opinião deve-se ao fato dos pombos-correios para competição necessitarem, simultaneamente, de alimentar bem as suas crias e de manter a sua forma física, evitando que as prestações desportivas da época seguinte sejam comprometidas. Tal poderá não ser possível com os teores nutricionais disponibilizados (Sales *et al.*, 2003).

As diferenças nas matérias-primas utilizadas pelas marcas nas diferentes misturas dedicadas ao período de criação estão evidenciadas na figura 7.

Este período apresentou variações mais reduzidas, entre as três marcas, do que os períodos já analisados, ainda assim, verificou-se que a ração VBBE, mas rica em lípidos, possui teores mais elevados de oleaginosas, enquanto as rações OVGB e VLCS, mas ricas em proteína, têm teores de leguminosas mais elevados. A ração VLCS é ainda

valorizada pela presença de granulados e extrusados, que correspondem a 6% do produto.

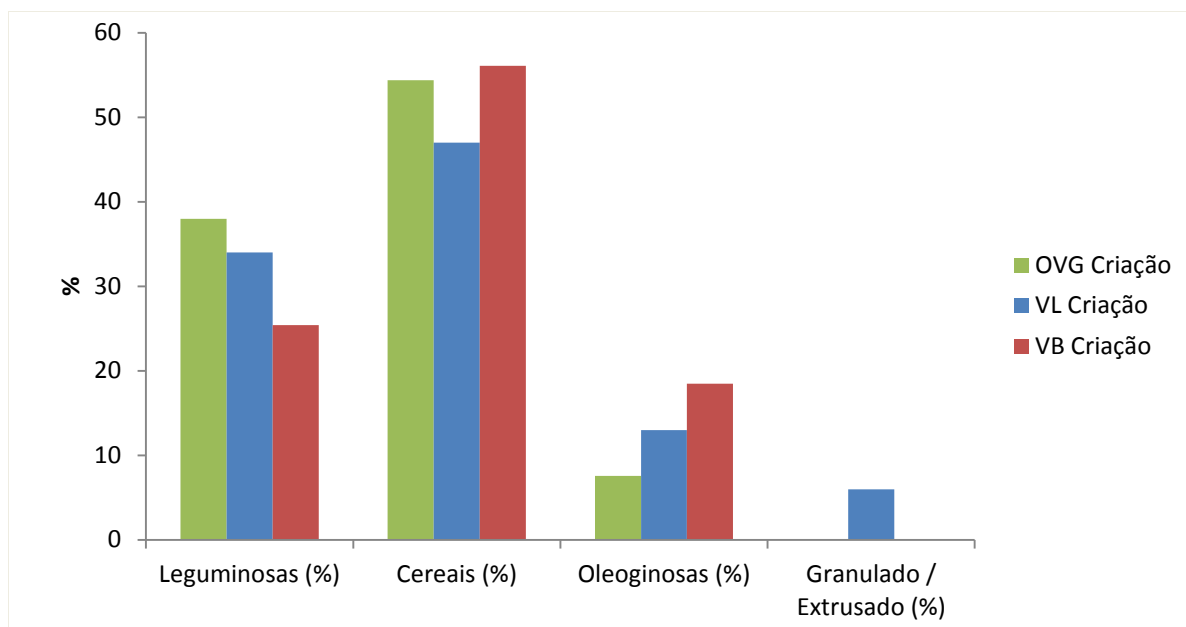


Figura 7 - Proporção das diferentes classes de sementes nas misturas para criação das marcas Ovargado (OVG), Versele Laga (VL) e Vanrobaeys (VB).

1.3.6 – Alimentação no Período de Defeso

O período de repouso ocorre durante o inverno e permite ao pombo-correio recuperar a sua forma física, repor níveis de oligoelementos, e atenuar efeitos do stresse oxidativo acumulado durante os concursos e a muda. Nesta época pode permitir-se ao pombo adquirir algumas reservas de gordura que o ajudam a suportar o rigor do Inverno.

Na tabela 11 estão apresentadas as composições nutricionais de diferentes formulações desenvolvidas para o período de defeso. Todas as rações consideradas partilham baixos teores de proteína e gordura, contudo, os valores encontram-se dentro dos teores mínimos descritos na revisão de *Sales et al., 2001*. Por outro lado, a informação recolhida nos rótulos dos produtos não discrimina os teores de micronutrientes, que ao contrário da proteína e da matéria gorda, não devem sofrer diminuições.

Neste grupo, vemos que as rações OVGDM e OVGD são nutricionalmente muito próximas. A Versele Laga por sua vez, dispõem de duas variedades para a época do defeso, a VLWP, direcionada para o inverno e muito semelhante as rações já referidas, exceto nos teores de fibra, que são duas vezes superiores. A ração VLDD assemelha-se

a formulação JFMC, com os teores de proteína mais elevados de todas as misturas analisadas, mantendo teores também razoáveis de matéria gorda. Por último, temos a mistura VBCD, esta apresenta valores de proteína comparáveis às opções da Ovargado e teores de lípidos semelhantes à misturas da Versele Laga e da bibliografia (Landercy, 1967, Freydiger, 1984).

Tabela 11 - Composição nutricional de diferentes rações comerciais para pombos-correios, desenvolvidas especificamente para o período de defeso.

Marca e Designação do Produto			%			
			Proteína bruta	Matéria Gorda	Fibra	Cinza bruta
Versele-Laga	Dieta- Depure Plus I.C.+	VLDD	12,5	6,5	6,0	3,0
	Inverno- Winter Plus I.C.+	VLWP	11,0	6,5	8,0	3,0
Vanrobaeys	Casaert Depurative	VBCD	11,0	6,3	6,0	-
Ovargado	Pombos Depurativa s/milho	OVGDM	11,0	4,2	4,2	4,1
	Pombos Depurativa	OVGD	11,0	4,0	4,1	2,1
Jacques Freydiger - Mistura Para Defeso		JFMD	12,2	5,8	4,2	2,1

Apesar da pequena variabilidade entre a composição nutricional das diferentes misturas para o período de defeso, na figura 8 encontram-se algumas diferenças que corroboram a composição nutricional apresentada anteriormente.

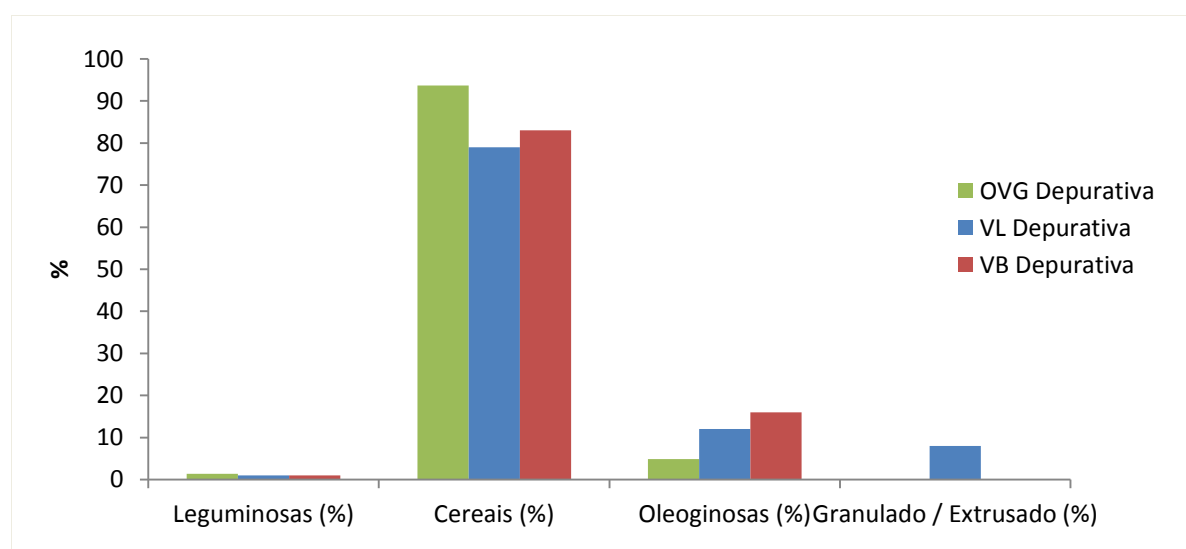


Figura 8 - Proporção das diferentes classes de sementes nas misturas depurativas das marcas Ovargado (OVG), Versele Laga (VL) e Vanrobaeys (VB).

As rações VLDD e VBCD apresentam os valores mais elevados de lípidos, uma vez que também possuem uma maior quantidade de oleaginosas do que a mistura OVG. Em relação à proteína também constata-se que a mistura VLDD possui valores mais elevados. Como a única diferença está nos granulados e extrusados, é possível reforçar a ideia já defendida nas misturas anteriores e reafirmar que estes componentes são responsáveis pelo aumento dos teores de proteína. Entre a mistura OVG e VBCD, os teores de proteína são semelhantes pois a proteína que a VBCD retira das sementes oleaginosas é compensado na mistura OVG, através dos cereais e da ligeira quantidade de leguminosas.

1.4 – Subprodutos na Indústria das Rações

A indústria das rações serve-se de vários subprodutos da indústria alimentar humana, como as sementes de cereais, a farinha de bolacha e os bagaços de oleaginosas. Estes subprodutos não são fornecidos diretamente aos animais, sendo a sua incorporação feita através de alimentos farinados, granulados ou extrusados.

Na tabela 12 estão representados os subprodutos, assim como algumas matérias-primas, comuns na indústria da alimentação animal mas que não são encontradas nas misturas para pombo-correio.

Do leque apresentado, o maior destaque vai para a soja integral, pois possui uma elevada quantidade de proteína, que por sua vez é rica em lisina, permitindo compensar as carências deste aminoácido nos cereais. O seu uso em columbofilia é quase nulo pois esta oleaginosa possui fatores anti-nutricionais, como as lectinas e os inibidores de tripsina, que dificultam a digestão e assimilação da proteína. Contudo, através do processo de extrusão é possível desnaturar estas proteínas e péptidos que constituem os fatores anti-nutricionais e tornar viável a incorporação da soja nas rações. A sua incorporação, no entanto, tem de ser reduzida, pois a sua fração lipídica é muito elevada e, através da redução das forças de atrito dentro do equipamento, dificulta o processo de extrusão (Moscicki, 2009). Para contornar este problema pode-se optar por utilizar o bagaço de soja na extrusão e adicionar à *posteriori* óleo de soja. A adição destes subprodutos em etapas diferentes permite desnaturar os fatores anti-nutricionais da soja e, em simultâneo, evitar que a sua fração lipídica, constituída por triacilgliceróis muito ricos em ácidos gordos omega-3, sofra desterificação com as temperaturas e pressões do

processo, promovendo oxidação dos ácidos gordos livres e conduzindo à formação de complexos com proteínas e polissacarídeos (McDonald *et al.*, 2010, Singh *et al.*, 2007). Os bagaços de colza e girassol são outros exemplos de subprodutos usados na alimentação animal que podem ser aplicados em columbofilia. A colza é uma boa fonte de proteína para o período da muda devido à riqueza em aminoácidos sulfurados. A proteína presente tem boa digestibilidade, oscilando entre 70-80%, e após a extrusão, devido à inativação de fatores anti-nutricionais, torna-se ainda melhor. Em relação ao bagaço de girassol é possível constatar que também é rico em proteína e nos aminoácidos metionina e cisteína. Este subproduto, no entanto, tem um teor de fibra muito elevado, condicionando a sua utilização na alimentação aviária. Mesmo com a degradação de alguns polissacarídeos durante a extrusão e com o aumento da porção de fibra solúvel, o uso de bagaço de girassol deve ser moderado (Guy *et al.*, 2001).

Tabela 12 - Aspectos nutricionais das principais matérias-primas que integram a composição dos extrusados (Adaptado de Mulrooney *et al.*, 2009; Blas *et al.*, 2010; Marcondes *et al.* 2009). (*produto obtido após extração do óleo)

Matéria-prima	Proteína Bruta (%)	% da Proteína		Fibra (%)	Matéria Gorda (%)	Amido + Açúcares (%)
		Lisina	Met+Cis			
Soja Integral	37	6,2	2,6	9,3	18	6,0
Colza (bagaço*)	34	4,5	3,9	29	4,0	8,0
Girassol (bagaço*)	32	3,5	4,0	42	2,2	5,9
Soja (Bagaço*)	44	6,2	2,6	13	1,9	7,5
Aveia S/casca	14	4,2	4,7	6,9	3,4	53
Sêmea de Trigo	14	4,0	3,6	9,0	3,6	23
Sêmea de Arroz	14	4,7	3,4	7,7	14	32
Trinca de Arroz	7,5	3,8	4,7	1,0	1,2	73
Farinha de Bolacha	Dependem do tipo de bolacha; Proteína ronda os 10%					50-60

Os subprodutos de cereais como a sêmea de trigo e a sêmea de arroz são boas fontes de minerais e fibra. Estes subprodutos são também mais ricos em proteína mas a remoção de amido torna-os menos energéticos. Analisando individualmente, é possível constatar que a sêmea de trigo compensa a falta de energia com um elevado teor em minerais e vitaminas do complexo B, excepto B₉ e B₁₂. Por outro lado, a sêmea de arroz tem maior quantidade de lípidos e menos fibra, o que a torna num alimento mais adequado do que a sêmea de trigo para columbofilia (Mello *et al.*, 2009).

A aveia é um dos cereais mais ricos em proteína e em lisina, contudo, o seu uso em columbofilia é reduzido. O seu valor energético é superior ao do milho devido à maior riqueza em lípidos e, portanto, tem interesse em misturas para a época de concursos. Na extrusão, tanto a aveia como a trinca de arroz fornecem amido, este é necessário para que ocorra gelatinização e expansão. A principal desvantagem do uso de aveia é o elevado teor de fibra, para um cereal. Esta fibra é particularmente rica em β -glucanas e pode provocar um aumento da viscosidade no trato gastro intestinal das aves. Deste efeito pode resultar uma diminuição da ingestão de alimento e da absorção de outros nutrientes, afetando, principalmente, o crescimento de aves jovens (Blas *et al.*, 2010).

1.4.1 – Subprodutos Fibrosos na Indústria das Rações

Os alimentos compostos dirigidos ao setor aviário são caracterizados por teores de fibra reduzidos. Ainda assim, é fundamental garantir teores adequados deste nutriente nos alimentos.

A fibra dietética (FD) consiste numa mistura complexa de polissacarídeos não amiláceos (PNA), tipicamente encontrados na parede celular das plantas e capazes de se associarem a uma variedade de outros compostos, nomeadamente, proteínas, lenhinas, ácidos gordos ou ceras. Os efeitos fisiológicos da FD estão implicitamente ligados à sua estrutura e às interações químicas que estabelece, sendo a propriedade com maior relevância, a solubilidade. É a partir desta que se faz a principal divisão na FD, distinguindo-se entre PNA solúveis e PNA insolúveis. Os primeiros envolvem PNA de baixo peso molecular, alguns associados a grupos carboxilo, amina ou sulfato, como as pectinas, o alginato, as β -glucanas, a inulina e algumas hemiceluloses semi-solúveis, que apresentam um papel ativo na regulação do processo digestivo e na absorção de nutrientes solúveis. A fração insolúvel envolve a lenhina e PNA como a celulose, as xilanas, as arabinoxilanas, as mananas e as xiloglucanas. Estas contribuem para o aumento do volume fecal, o aumento do trânsito intestinal e também diluem os

conteúdos do cólon (Knudsen, 2001; Elleuch *et al.*, 2011). Para a alimentação animal, é mais comum fazer a distinção entre fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA). A FDN compreende a fração dos hidratos de carbono insolúveis que constituem a matriz celular vegetal, incluindo principalmente a celulose, hemiceluloses como as xilanas, arabinoxilanas, mananas, galactomanas e lenhina, e constitui a melhor forma de estimar a ingestão de fibra e os seus efeitos no trato gastrointestinal. A FDA corresponde à fração da FDN que não é solúvel num detergente ácido e envolve celulose, lenhina, nitrogénio insolúvel em detergente ácido e cinza insolúvel. Contudo, este parâmetro não constitui uma medição válida para previsões nutricionais e de digestibilidade (Van Soest, 1991).

As aves de modo geral são incapazes de metabolizar PNA e possuem uma microflora pouco desenvolvida, devido ao curto trato gastro intestinal, limitando a quantidade de energia obtida via fermentação microbiana. Por este motivo, a inclusão de fibra nos alimentos avícolas não promove diretamente o aumento de peso e é geralmente interpretada como uma diluição de outros nutrientes. Existem, contudo, estudos defendem a importância da inclusão moderada de FA no alimento avícola devido ao efeito estimulante na moela, em particular pela fibra mais insolúvel, e ao efeito benéfico sobre a microflora, dificultando a propagação de espécies patogénicas (Amerah, 2009). No entanto, em columbofilia, o objetivo não passa pelo aumento de peso do animal, mas sim, pela melhor prestação desportiva.

De modo a fornecer teores equilibrados de fibra é comum recorrer a matérias-primas como as palhas, as cascas de vegetais ou certos bagaços de espécies vegetais. Estas matérias-primas são adicionadas em baixas quantidades e a sua qualidade depende muito dos teores nos restantes nutrientes, principalmente em proteína (Jorgensen, 1996). A figura 9 descreve os teores de fibra, proteína bruta e proteína digerível, das principais fontes de fibra utilizadas a nível ibérico, na alimentação animal.

A palha de cereais e o bagaço de uva são alimentos ricos em fibra pouco digerível e pobres noutros hidratos de carbono. A proteína destes alimentos está maioritariamente associada à parede celular, justificando a baixa digestibilidade. No caso do bagaço de uva, apesar do teor de proteína bruta ser mais elevado, verifica-se a presença de taninos condensados que reduzem a digestibilidade da proteína. A casca de soja é um alimento muito rico em fibra pouco lenhificada e pobre noutros hidratos de carbono. O seu teor de proteína é razoável, embora uma parte esteja associada à parede celular, justificando a digestibilidade moderada. A fibra presente na luzerna possui um bom equilíbrio entre

as frações solúveis, insolúveis e lenhificadas. A riqueza em fibras solúveis, facilmente fermentáveis pela microflora de todas as espécies, tem efeitos benéficos a nível intestinal. A digestibilidade da proteína ronda os 60%, devido à presença de taninos condensados. A alfarroba, por sua vez, é um alimento com um conteúdo de fibra baixo, mas o teor de lenhina é muito elevado, superior a 20%. Possui ainda uma quantidade de açúcares livres muito elevada, com cerca de 35%. Tal como na luzerna, a presença de taninos condensados reduz a digestibilidade da sua proteína. Os bagaços de citrinos e de beterraba possuem uma quantidade elevada de açúcares solúveis e um teor moderado de fibras. Estas encontram-se pouco lenhificadas e contêm muitos PNA solúveis. A proteína está presente em baixas quantidades e mais de metade está associada à parede celular ou a lenhina diminuindo a sua digestibilidade (Blas & Wiseman, 2010).

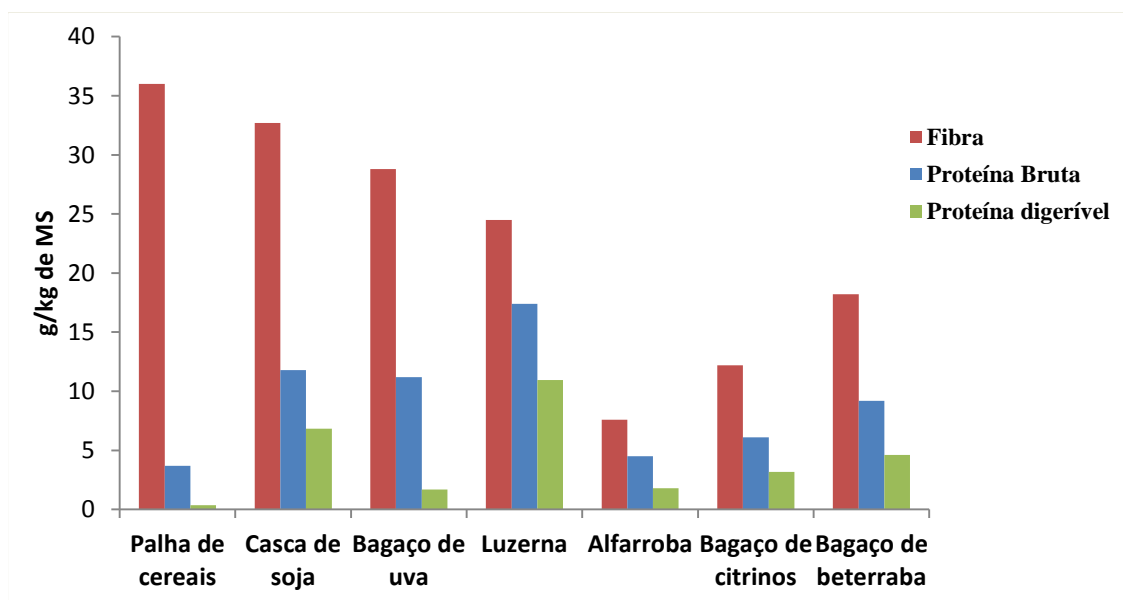


Figura 9 - Perfil nutricional em termos de fibra, proteína bruta e proteína digerível em 7 alimentos fibrosos usados no fabrico de alimentos compostos para animais (adaptado de Blas, 2010).

1.4.2 – Subprodutos da Indústria do Processamento da Maçã

Em 2012, os 24 maiores produtores mundiais de maçã comercializaram cerca de 67.052.741 toneladas de fruto (FAO). Apesar de uma porção considerável estar destinada ao consumo direto, a maioria é processada para a obtenção de sumos, concentrados, cidras e geleias. Destas indústrias resultam como subprodutos o bagaço de maçã, que corresponde a 20-30% do peso total de fruta processada, e o retentato de maçã, obtido durante processos de ultrafiltração dos sumos e concentrados (Dhillon,

2013; Yazdanshenas *et al.*, 2005). O retentato está pouco estudado e pela falta de bibliografia, supõem-se que seja maioritariamente descartado. O bagaço, por outro lado, pode ser utilizado como fertilizante ou alimento animal, embora na maior parte dos casos, é descartado para aterros ou para compostagem. Tal comportamento apresenta riscos ecológicos associados à degradação e ao crescimento microbiano, como por exemplo, a produção de gases com efeitos de estufa, a libertação de odores desagradáveis, a contaminação de cursos de água ou o desenvolvimento de agentes patogénicos. Outro aspeto negativo para as empresas, são os custos do transporte, despejo e tratamento dos resíduos em aterro (Dhillon, 2013).

O baixo teor do bagaço em proteína e vitaminas tem limitado o seu uso na alimentação animal, contudo, a riqueza em substância pécnicas e polifenóis sugere que pode ser utilizado para obtenção de produtos de valor acrescentado (Lu, 1999). Diferentes estratégias para aproveitamento do bagaço de maçã incluem: (i) produção de enzimas; (ii) produção de ácidos orgânicos; (iii) produção de cogumelos comestíveis; (iv) produção de etanol; (v) produção de compostos de aroma; (vi) extração de antioxidantes naturais; (vii) extração de fibras dietéticas (Vendruscolo, 2008).

1.4.3 – Composição e Propriedades dos Subprodutos de Maçã

O perfil nutricional do bagaço de maçã está representado na tabela 13 e revela um alimento muito rico em hidratos de carbono, principalmente na forma de açúcares solúveis e fibra, mas pobre em minerais, matéria gorda e proteína. Esta última, além de estar presente em baixas quantidades, é pouco digerível, devido à associação de polissacarídeos da parede celular, e apresenta baixos teores de aminoácidos essenciais. A quantidade de vitaminas, apesar de não estar discriminada, também é reportada como baixa. Por outro lado, o valor energético do bagaço de maçã é considerável e deve-se essencialmente ao elevado teor em açúcares e fibras solúveis. Este valor, contudo, decresce nos sistemas biológicos, particularmente nas aves, devido à dificuldade em fermentar a fibra (Bhushan *et al.*, 2008; Blas & Wiseman., 2010b).

A fibra presente no bagaço de maçã é caracterizada pela riqueza em polissacarídeos pécnicos e pela elevada quantidade de polissacarídeos lenhinocelulósicos. Os polissacarídeos pécnicos da maçã possuem uma maior proporção de cadeias laterais, compostas por arabinanas e galactanas, associadas à cadeia principal, composta por ácido glucurónico. Esta característica distingue o bagaço de maçã do bagaço de citrinos,

as duas principais fontes de polissacarídeos pécicos, a nível comercial (Voragen *et al.*, 2009; Wang *et al.*, 2014). A fibra do bagaço de maçã é também rica em carotenos e polifenóis, dos quais se destacam a epicatequina, as procianidinas, os glicosídeos flavonoides e os ácidos cianogénicos, pela sua capacidade antioxidante e valor comercial (Lu *et al.*, 1999, Vendruscolo *et al.*, 2008, Figuerola *et al.*, 2004).

Tabela 13 - Composição aproximada do bagaço de maçã (Adaptado de: Blas *et al.*, 2010; Joshi *et al.*, 1996; Nawirska, 2005; Bhushan *et al.*, 2008; Sato *et al.*, 2010.)

F - Fibra; PB - Proteína bruta; FND - Fibra insolúvel em detergente neutro; FAD - Fibra insolúvel em detergente ácido; LAD - Lenhina insolúvel em detergente ácido; CZ - Cinza

Constituinte	%
EM (kcal/kg)	2950
Açúcares totais	39,35 - 48
Glucose (AT)	9,36 - 12,57
Frutose (AT)	17,9 - 29,9
Sacarose (AT)	3,6 - 7,04
Cinzas	2,0
Cálcio (CZ)	9,0
Fósforo (CZ)	11,5
Sódio (CZ)	2,0
Magnésio (CZ)	3,0
Cobre (CZ)	0,0055 - 0,05
Ferro (CZ)	0,83 - 1,15
Manganês (CZ)	0,045 - 0,075
Zinco (CZ)	0,065 - 0,075
Fibra	14,7 - 43,63
Pectina (F)	11,7
Celulose (F)	43,6
Hemicelulosa (F)	24,4
Lenhina (F)	20,4
FND	46,8
FAD	33
LAD	11,5
Matéria Gorda	1,53 - 4,00
Proteína Bruta	2,74 - 5,80
Lisina (PB)	3,93
Metionina (PB)	1,38
Treonina (PB)	3,04
Triptofano (PB)	0,88

Na tabela 14 estão representadas algumas das propriedades funcionais da fibra de bagaço de maçã em comparação com fibra proveniente do bagaço de citrinos (limão e laranja) e do bagaço de toranja.

As propriedades de hidratação das fibras são analisadas através da capacidade de retenção de água (CRA) e da capacidade de inchar (CI), e são semelhantes entre o bagaço de maçã e os concentrados fibrosos considerados. A CRA e a CI dependem: da afinidade da fibra para a água; da quantidade de fibra insolúvel; da capacidade da fibra para formar estruturas capilares; da sua propensão para formar pontes de hidrogénio ou ligações dipolares com a água. A capacidade de adsorção de lípidos (CAL), é menor no bagaço de maçã em relação às outras fontes consideradas. Estes dados revelam que os constituintes das fibras apresentam variações na disposição de cargas, na espessura, nas propriedades da superfície e uma menor quantidade de elementos hidrofóbicos (Figueroa *et al.*, 2004).

Tabela 14 - Propriedades de hidratação e capacidade de adsorção de lípidos da fibra de diferentes concentrados de fibra derivados de frutos (adaptado de Figueroa *et al.*, 2004).

Concentrado fibroso	CRA (g água/g MS)	CI (mL ⁻¹ água/g MS)	CAL (g óleo/g MS)
Bagaço de maçã	1,62-1,87	6,59-8,27	0,60-1,45
Bagaço de citrinos	1,65-1,85	6,11-9,19	1,30-1,81
Bagaço de toranja	2,09-2,26	6,69-8,02	1,20-1,52

A composição do retentato inclui todos os componentes do sumo de maçã que possam ficar retidos nas membranas de ultrafiltração, nomeadamente, fragmentos não hidrolisados de polissacarídeos pécticos e amilopectina, taninos, proteínas, celulose, hemicelulose e açúcares. Na tabela 15 está apresentada a composição da fracção sólida do retentato. Este subproduto destaca-se por apenas possuir um elevado teor de humidade. Contudo, a matéria seca, que corresponde apenas a 8% da massa de subproduto, é nutricionalmente muito rica. O teor de proteína é elevado e rico em aminoácidos essenciais. No entanto, tal como os cereais, é pobre em lisina. A sua fracção lipídica é também elevada, contudo, cerca de 67% está na forma de ácidos gordos livres e apenas 4% está na forma de triacilglicerídeos. Esta percentagem de ácidos gordos livres aumenta a susceptibilidade do retentato a estímulos oxidativos e também resulta na formação de complexos com as proteínas e fragmentos de amilopectina presentes durante o processamento térmico deste subproduto. Os esteróis

correspondem a 25% dos lípidos do retentato e são constituídos por cerca de 80% de β -sitosterol. Este composto é benéfico para os organismos pois possui propriedades antioxidantes, sendo particularmente eficiente na prevenção de fenómenos de peroxidação lipídica. A fração sólida do retentato tem ainda 5,2% de açúcares livres que ficam retidos na malha de proteínas, lípidos e polissacarídeos junto às membranas de ultrafiltração. Esta quantidade de açúcares é reduzida com o aumento da eficiência da centrifugação usada para separar a fase sólida. (Baskar et al., 2012; Cruz *et al.*, 2014; Singh *et al.*, 2007).

**Tabela 15 - Composição da fração sólida do retentato total e após a centrifugação, com remoção do sobrenadante (adaptado de Cruz *et al.*, 2014).
(matéria seca- MS; matéria gorda - MG; proteína bruta - PB)**

Constituinte	(%)
Matéria seca	8,0
Açúcares livres (MS)	5,2
Fibra (MS)	13,3
Matéria Gorda (MS)	11,4
Ácidos Gordos Livres (MG)	67,0
Esteróis (MG)	25,0
Triacilglicerídeos (MG)	4,0
Proteína Bruta (MS)	29,4
Aminoácidos Essenciais (PB)	44
Lisina (PB)	1,0
Valina (PB)	18,0
Leucina (PB)	14,0

1.4.4 – Vantagens e Desvantagens dos Subprodutos de Maçã

O uso de bagaço de maçã na alimentação animal tem sido associado a alguns efeitos benéficos, especialmente em animais monogástricos. Em frangos, a substituição direta de milho por bagaço de maçã, até 10%, não produziu efeitos negativos observáveis, tendo até contribuído para uma maior ingestão de alimento. Incorporações superiores de bagaço de maçã devem ser acompanhadas por um reforço de enzimas digestivas (Zafar *et al.* 2005). Por outro lado, estudos envolvendo o bagaço de maçã já demonstram que o seu uso na alimentação animal implica uma suplementação com fontes de proteína de qualidade (Fontenot *et al.*, 1997). Atualmente, a reduzida utilização do bagaço de maçã na alimentação animal prende-se a três fatores principais: (i) baixa digestibilidade da

fibra, devido ao elevado rácio lenhina/celulose; (ii) teores de proteínas, vitaminas e minerais desajustados; (iii) baixa digestibilidade da proteína presente (Dhillon *et al.*, 2013).

O retentato carece de estudos sobre os efeitos da sua incorporação na alimentação animal, embora o seu perfil nutricional permita tirar algumas conclusões. Por um lado, os açúcares livres presentes podem ser rapidamente absorvidos e fornecer quantidades elevadas de energia num reduzido intervalo de tempo. Por outro lado, a proteína é rica em aminoácidos essenciais, particularmente valina e leucina (Cruz *et al.*, 2014; Yazdanshenas *et al.*, 2005). O principal problema do retentato reside na sua perecibilidade, devido ao elevado teor de água e de açúcares livres. Outro problema reside na sua matriz espessa, composta por material muito particulado. Estas características dificultam a sedimentação da fase sólida para posterior separação e a remoção do excesso de água. Devido a estas características, a separação e aproveitamento da fração sólida implicaria uma centrifugação seguida da secagem do material precipitado (Cruz *et al.*, 2014; Yazdanshenas *et al.*, 2005).

1.5 – Processo de Extrusão na Alimentação Animal

A tecnologia de extrusão tornou-se, durante as últimas décadas, num processo comum no ramo alimentar. Na figura 10 está representado um equipamento de extrusão adaptado à indústria alimentar.

As extrusoras são equipamentos que submetem alimentos a elevadas temperaturas (superiores a 100°C) num curto espaço de tempo. O processo inicia-se com a seleção, pesagem e mistura das matérias-primas adequadas. De seguida, no condicionador, é adicionada água para garantir um teor de humidade mínimo de 10% na mistura. Este passo permite a hidratação e solvatação do amido e das proteínas, permitindo que estes polímeros se movam e deslizem entre si, alterando as propriedades físicas do material extrusado. Assim, a mistura passa de um estado vítreo para um fluido elástico e viscoso (Stojceska, 2009). O passo principal ocorre no barril de extrusão onde a ação de um parafuso rotativo, aliada a temperaturas elevadas, promove a deslocação e compressão da mistura contra a matriz de corte. Este mecanismo gera de uma tensão de cisalhamento sobre a mistura e promove o rompimento das estruturas celulares, permitindo que o excesso de água entre para os grânulos de amido, inchando-os. A entrada da água contribui para a perda da estrutura cristalina do amido facilitando a sua

dispersão pela mistura. Este processo culmina na expansão dos extrusados após a passagem pelo barril de extrusão (Moscicki *et al.*, 2009).

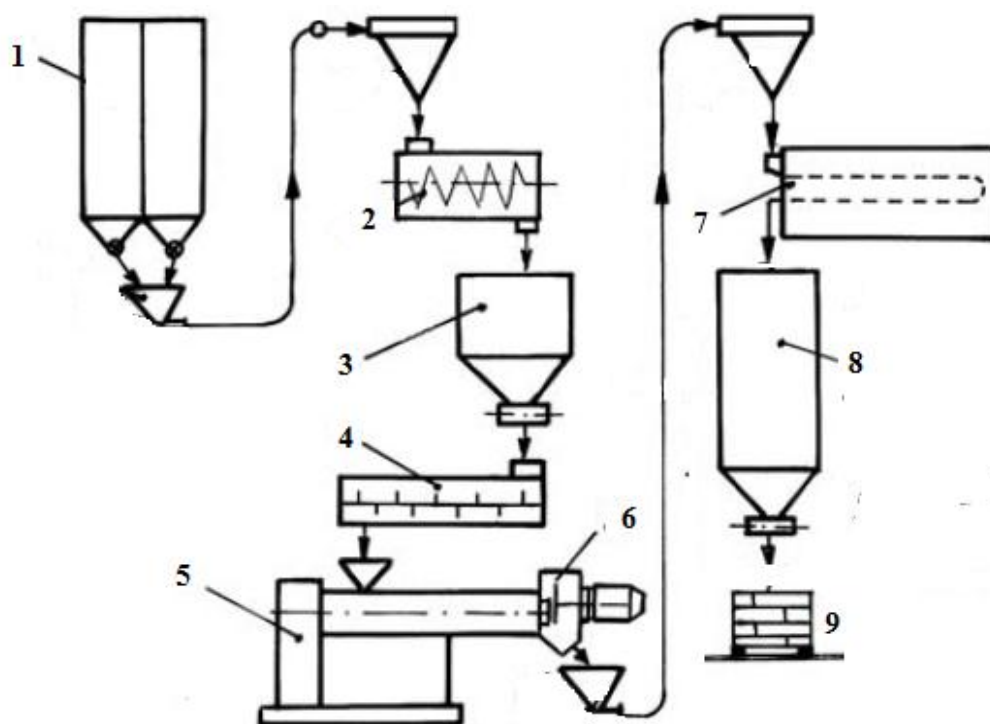


Figura 10 - Esquema simplificado de um equipamento de extrusão adaptado à alimentação animal. 1- Armazenamento de matérias-primas; 2 – Misturador; 3 – Balança; 4 – Condicionador; 5 – Barril de extrusão; 6 – Matriz de corte; 7 – Secador; 8 – Silo de produto acabado. (Adaptado de Moscicki *et al.*, 2009)

1.5.1 – Alterações químicas no processo de extrusão

As condições mecânicas e térmicas aplicadas aos alimentos durante o processo de extrusão não se limitam a promover a gelificação da mistura e a gelatinização do amido. Os restantes macro e micronutrientes também sofrem alterações que afetam o valor nutricional do alimento extrusado.

1.5.2 – Efeito da Extrusão nas Proteínas

Durante o processo de extrusão os diferentes grupos de proteínas formam fases distintas distribuídas pela mistura. As proteínas solúveis em água, como as albuminas, são desnaturadas pelo calor e coagulam numa massa maleável, facilmente macerada pela ação mecânica do parafuso rotativo. Por outro lado, as proteínas globulares são inicialmente hidratadas e formam pequenos aglomerados viscoelásticos. Estes são submetidos a tensões de corte que os transformam em partículas inferiores a 20 nm. As

glutelinas e prolaminas formam massas de caracter viscoelástico que também são maceradas. Já as proteínas musculares da carne formam partículas muito mais resistentes, capazes de suportar a tensão cisalhante gerada no parafuso rotativo e não serem maceradas. Estes processos aumentam a exposição das proteínas face à ação de proteases, aumentando a digestibilidade (Guy R., 2001).

Outro aspeto importante, relativo à digestibilidade da proteína, reside na inativação de fatores anti-nutricionais através da ação do calor, nomeadamente, inibidores da tripsina e hemaglutininas, como as lectinas. A temperatura e a pressão também promovem alterações estruturais em taninos alterando a sua solubilidade e reactividade. Os fitatos, por outro lado, sofrem hidrólise e passam de hexafosfatos de inositol para penta e tetrafosfatos (Alonso *et al.*, 2000a; Marzo *et al.*, 2002).

1.5.3 – Efeito na Extrusão dos Açúcares, Oligossacarídeos e Amido

Os açúcares como a frutose e a sacarose são facilmente assimiláveis e metabolizáveis e consequentemente, boas fontes de energia rapidamente disponível. Estes podem derivar diretamente das matérias-primas ou serem formados a partir da degradação do amido. Contudo, durante o processo de extrusão, a sua presença desencadeia múltiplas reacções químicas, onde se destacam as reacções de Maillard, que alteram o valor nutricional e as propriedades organoléticas dos alimentos (Singh *et al.*, 2007).

A classe dos oligossacarídeos envolve compostos como a rafinose, a estaquiase, a melbiose ou o galactinol. Estes apresentam efeitos fisiológicos semelhantes ao da fibra dietética, controlando o trânsito intestinal e funcionando como pré-bióticos. Contudo, durante o processo de extrusão, uma parte destes compostos é decomposta nas suas unidades monoméricas, aumentando o teor de açúcares livres. Estes são capazes de reagir entre si e com os aminoácidos, via reacções de Maillard, afetando negativamente o processo de extrusão. Por outro lado, a degradação dos oligossacarídeos também implica a perda dos efeitos benéficos para o organismo (Berrios *et al.*, 2010).

O amido é um polissacarídeo de glucose composto por cadeias de amilose e amilopectina em proporções variáveis, consoante o tipo de planta. Estas diferentes proporções determinam o comportamento dos amidos durante a extrusão, pois a presença de amilose promove a gelatinização, enquanto a amilopectina torna a mistura mais viscosa. Deste modo, é possível controlar certas alterações reológicas durante o processo de extrusão, seleccionando as diferentes fontes de amido na mistura. Durante a extrusão ocorrem ainda a formação de complexos entre amilose e lípidos,

particularmente se a mistura for rica em monoglicerídeos ou ácidos gordos livres. Este fenómeno aumenta a resistência do amido à hidrólise enzimática, reduzindo a sua digestibilidade (Singh *et al.*, 2010).

1.5.4 – Reações de Maillard Durante o Processo de Extrusão

As reações de Maillard ocorrem entre grupos amina livres dos aminoácidos e grupos carbonilo de açúcares redutores. Estas reações promovem a formação de metabolitos de cor castanha e com aromas característicos, influenciando tanto o aspeto visual como o sabor dos alimentos extrusados. O tipo de açúcar redutor apresenta uma grande influência no desenvolvimento das reações de Maillard, sendo as pentoses mais reativas que as hexoses e estas, por sua vez, são mais reativas que os dissacarídeos. Dentro dos aminoácidos, o principal dador de grupos amina livres é a lisina. Outros fatores que favorecem as reações de Maillard são as elevadas temperaturas no barril de extrusão e os baixos teores de água na mistura (Villamiel, 2006a).

As perdas de lisina durante o processo de extrusão são particularmente preocupantes, pois os cereais, principais constituintes dos alimentos extrusados, são pobres neste aminoácido. Adicionalmente, a perda de outros aminoácidos e a formação de intermediários das reações de Maillard, conduzem a uma redução do valor nutricional da proteína e à perda de digestibilidade do alimento. Estes fatores são particularmente indesejáveis em alimentos para crias, pois estas possuem sistemas digestivos menos eficientes e incapazes de degradar estes compostos (Iwe *et al.*, 2001). Também associado às reações de Maillard está também a formação de agentes carcinogénicos como a acrilamida. Este composto é formado a altas temperaturas a partir da asparagina na presença de açúcares redutores (Masatcioglu *et al.*, 2014).

1.5.5 – Efeito da Extrusão na Fibra dietética

Durante o processo de extrusão, a combinação de temperatura com as forças de cisalhamento, geradas pelo parafuso rotativo, permitem quebrar cadeias compridas de PNAs. Deste modo é possível aumentar o teor de fibra solúvel nos alimentos. A lenhina, por outro lado, também sofre alguma degradação durante a extrusão. Este fenómeno é comprovado pelo aparecimento de ácidos fenólicos, como o ácido ferúlico, na fração solúvel (Guy *et al.*, 2001).

As propriedades reológicas do alimento extrusado também variam consoante os teores de fibra dietética. Através do aumento do teor de fibra reduz-se a capacidade das misturas reterem água durante a extrusão, afetando a sua consistência. Contudo a adição

de fibras solúveis, como a inulina, aumentam a expansão do produto extrusado e melhoram a textura do produto final, em relação às fibras insolúveis. Estes efeitos da fibra solúvel podem ser atribuídos à capacidade de retenção de água e às variações nas propriedades viscoelásticas da massa extrusada (Peressini *et al.*, 2015).

1.5.6 – Efeito da Extrusão nos Lípidos

A classificação de lípidos engloba um conjunto de compostos apolares que integra, entre outros, os fosfolípidos, as ceras, os triglicerídeos e os esteróis. Durante a extrusão, as elevadas temperaturas levam a uma redução de 40% no conteúdo de lípidos extratáveis. Este fenómeno está relacionado com a libertação de ácidos gordos livres e fosfolípidos na matriz do alimento, por ação das altas temperaturas, facilitando a formação de complexos com a amilose e certas proteínas. Fenómenos de rancidez também são comuns em alimentos extrusados. Este problema está associado à expansão dos alimentos após a saída do barril de extrusão, deixando os lípidos mais suscetíveis a estímulos oxidantes. Ainda durante o processo de extrusão, a presença de lípidos provoca uma diminuição das forças de atrito dentro do barril de extrusão e reduz a eficiência da tensão mecânica gerada pelo parafuso rotativo. Quando este teor é superior a 6%, a ação lubrificante dos lípidos impede que se atinjam as pressões desejadas no barril de extrusão, impossibilitando a expansão dos alimentos. Por outro lado, teores lípidos entre 3-5% promovem um equilíbrio entre forças de atrito e fluidez das matérias-primas, melhorando a textura do alimento e tornando-o mais uniforme (Singh *et al.*, 2007).

1.6 Objetivos

Este trabalho tem como principal objetivo o desenvolvimento de formulações de alimentos extrusados para pombo-correio, direccionadas para os diferentes períodos da época desportiva em columbófilia: os concursos; a muda de pena; a criação; o defeso. Estas formulações têm em conta as alterações metabólicas e comportamentais que ocorrem durante estes períodos e procuram colmatar as necessidades nutricionais do animal.

O segundo objetivo deste trabalho passa pela integração de subprodutos derivados da indústria alimentar nas formulações destes alimentos extrusados. Dentro destes subprodutos temos dois grupos distintos: (i) matérias-primas comuns na indústria das rações, como os bagaços de oleaginosas e as sêmeas de cereais (ii) subprodutos de maçã pouco ou nada utilizados na indústria das rações.

Por último, serão comparados alimentos extrusados, desenvolvidos a partir das formulações anteriormente concebidas, na presença e na ausência dos subprodutos de maçã.

2 - Material e Métodos

2.1 - Origem dos materiais

Matérias-primas e aditivos necessários para a produção dos alimentos extrusados para pombo-correio, foram fornecidos pela empresa Ovargado SA e Indumape SA (retentato de maçã).

2.2 – Tratamento do retentato da maçã para aplicação nas rações

A aplicação do retentato de maçã na indústria da alimentação animal está condicionada pelo seu elevado teor de água (cerca de 92%).

Partiu-se de um volume inicial de retentato de cerca de 15 L. Devido ao carácter pastoso e particulado deste subproduto a sua secagem direta foi descartada. Assim, foi necessário proceder inicialmente a uma centrifugação a 5000 rpm, por um período de 15 min à temperatura de 4° C, usando recipientes de aproximadamente 200 mL. Após a centrifugação foi descartado o sobrenadante e recolhido o precipitado. Este último ainda tinha um teor de água superior a 80%. A remoção deste excesso de água foi realizado numa estufa a 70° C, durante cerca de 16 horas. Para aumentar a eficiência do processo separou-se o precipitado em pequenas porções, de modo a evitar que o interior da massa de subproduto sofresse cozedura.

Após a obtenção de um produto seco (< 10% de humidade) procedeu-se à sua moagem, embalou-se e protegeu-se da luz e do ar.

2.3 - Desenvolvimento de alimentos extrusados para pombo-correio

Para cada tipo de ração (concursos, concursos SF) foram produzidos 1,5 kg de amostra para posteriormente extrusar. As diferentes matérias-primas foram pesadas numa balança digital ($\pm 0,05$ g de sensibilidade) e moídas e misturadas num moinho de cozinha. Os aditivos foram pesados numa balança digital com sensibilidade $\pm 0,0005$ g. As amostras moídas foram depois extrudidas numa co-extrusora mono-fuso da marca periplast, modelo Ø25 x 25D. Após a extrusão foram colocadas em estufa a 60°C, durante 30 minutos para garantir um teor de humidade inferior a 10%, permitindo a sua conservação.

2.4 - Análise de açúcares

A análise de açúcares neutros das amostras foi realizada com hidrólise ácida dos polissacarídeos em condições que proporcionam a despolimerização como mínimo de destruição dos resíduos, segundo o método de *Selvendran et al.*. Posteriormente, os resíduos são convertidos em acetatos de alditol, derivados voláteis e termoestáveis que possibilitam a análise quantitativa e qualitativa dos resíduos de açúcar por GC-FID segundo *Coimbra et al.*.

Pesou-se 1-2 mg de amostra e adicionou-se 200 µl de ácido sulfúrico a 72% com incubação à temperatura ambiente durante 3 horas. De seguida procedeu-se à sua hidrólise adicionando 2,2 ml de água destilada (para uma concentração final de ácido sulfúrico de 1 molar) e deixou-se reagir durante 2,5 horas num bloco de aquecimento a 100°C. Após este tempo arrefeceu-se os tubos num banho de gelo. De seguida adicionou-se 200 µl de padrão interno (2 - desoxiglucose a 1 mg/ml). Após a adição do padrão interno transferiu-se 1 ml da solução hidrolisada para novos tubos e usando 200 µl de NH₃ (25 %) foi neutralizada a porção de ácido que não reagiu. Com 100 µl NaBH₄ (15 % (m/v) em NH₃ 3M) fez-se a redução do padrão e amostra hidrolisada deixando reagir a 30°C durante 1 hora. De seguida foram adicionadas porções de 50 µl de ácido acético glacial até se ter eliminado o excesso de BH₄⁻, transferindo-se 300 µl para tubos SOVIREL. Colocaram-se os tubos num banho de gelo e adicionaram-se 450 µl de 1 – metilimidazol e 3 ml de anidrido acético. Agitou-se bem e colocou-se a 30°C durante 30 min. Ainda no banho de gelo foram adicionados 3 ml de água destilada e 2,5 ml de diclorometano, seguido de agitação muito forte sem recorrer ao vortex. Centrifugou-se cerca de 30 s a 3000 rpm e aspirou-se a fase aquosa por sucção. Repetiu-se o processo desde a adição de água destilada. Para a lavagem da fase orgânica usou-se 3 ml de água destilada, agitou-se bem, centrifugou-se e removeu-se por sucção a fase aquosa na totalidade. O passo de lavagem foi repetido pelo menos uma vez. A fase orgânica foi transferida para tubos apropriados para a concentração num evaporador centrífugo (*speedvac*) onde foi evaporado o diclorometano. Adicionou-se então 1 ml de acetona anidra que também foi evaporado na *speedvac*, repetindo o passo com mais uma adição de acetona. Os tubos fechados foram guardados num exsiccador.

Dissolveram-se os acetatos de alditol em 20 µl de acetona anidra e foi feita a análise por GC-FID usando uma coluna capilar DB-225 (30 m de comprimento, 0,25 mm de

diâmetro, 0,15 de espessura) num cromatógrafo Perkin Elmer – Clarus 400, usando hidrogénio como gás de arraste. As condições usadas foram, temperatura do injetor de 220 °C, temperatura do detetor de 230 °C, com um programa de temperaturas:

- $T_{\text{total}} = 9 \text{ min}$
- $T_{\text{inicial}} = 200 \text{ °C}$
- Rampa 1 = 40 °C/min até 220 °C
- $T = 220 \text{ °C}$ durante 7 min
- Rampa 2 = 20 °C/min até 230 °C
- $T = 230 \text{ °C}$ durante 1 min

2.5 - Determinação da humidade

Colocam-se cadinhos de cerâmica na estufa a 105°C durante 5 horas. Deixaram-se arrefecer num exsiccador à temperatura ambiente. Pesaram-se os cadinhos secos, colocou-se 1 g de amostra e pesou-se novamente. Os cadinhos secos com a amostra foram colocados na estufa a 105°C durante 16 horas. Decorridas as 16 horas, voltou-se a recorrer a um exsiccador para o arrefecimento, pesando-se o cadinho mais a amostra de ração após secagem. A humidade é determinada por:

$$\% \text{ Humidade} = (M_i - M_f) / (M_i - M_c) \times 100$$

Onde M_i é a massa do cadinho mais a amostra antes da secagem, M_f é a massa do cadinho mais a amostra após secagem e M_c é a massa do cadinho seco. Os ensaios foram feitos em triplicado para cada ração.

2.6 - Determinação do teor de cinzas

O teor de cinzas (fração inorgânica) foi determinado pela incineração da parte orgânica, em que cerca de 1g de amostra de cada ração foi calcinada numa mufla a 700°C, durante 5 horas:

$$\% \text{ Cinzas} = m_{\text{cinzas}} / m_{\text{amostra seca}} \times 100$$

2.7 - Análise de aminoácidos

O conteúdo em aminoácidos totais das diferentes rações para a alimentação do pombo-correio foi determinado por adaptação dos métodos de Zumwalt *et al.* para a hidrólise ácida do conteúdo proteico e Mackenzie *et al.* para derivatização dos aminoácidos para análise por GC-FID.

Pesou-se 5 mg de amostra em tubos apropriados para a concentração em *speedvac* e de seguida foi adicionado 1 mL de HCl 6 M. Os tubos foram sujeitos a atmosfera de azoto, fechados e a reação de hidrólise ácida decorreu por 24 h a 110 °C num bloco de aquecimento. Arrefecidos os tubos, foram adicionados 500 µL de solução de norleucina 5,0 mM em HCl 0,1 M como padrão interno. O conteúdo dos tubos foi concentrado até à secura no evaporador centrífugo e dissolvido de seguida em 1 mL de HCl 0,1 M. A solução foi filtrada com filtros de 45 µm e novamente concentrada até à secura no evaporador centrífugo. Os aminoácidos libertados pela hidrólise foram dissolvidos em 200 µL de isobutanol em 3 M HCl deixando reagir durante 10 min a 120 °C. Após agitação no vórtex a reação prosseguiu por mais 30 min a 120 °C no bloco de aquecimento. Arrefecidos os tubos num banho de gelo, o excesso de reagente foi evaporado no evaporador centrífugo. De seguida foi adicionado 200 µL de hidroxitolueno butilado (BHT) preparado em acetato de etilo, e o solvente foi novamente evaporado por completo. Por fim foram adicionados 100 µL de anidrido heptafluorobutírico e deixou-se reagir durante 10 min a 150 °C. Terminada a reação, e arrefecidos os tubos, o excesso de reagente foi evaporado no evaporador centrífugo.

O material resultante foi dissolvido em 60 µL de acetato de etilo anidro e analisados por GC-qMS. Foi utilizado um cromatógrafo de fase gasosa acoplado a espectrometria de massa do tipo quadrupolo, Shimadzu – GCMS-QP2010 com uma coluna capilar DB-1 MS (30 m comprimento, 0,25 mm de diâmetro, e 0,10 µm espessura) e uma fase estacionária composta por dimetilpolisiloxano.

O volume de injeção foi de 2 µL, a temperatura do injetor de 250 °C e do detetor a 260°C. Utilizou-se hidrogénio como gás de arraste e utilizou-se o programa de temperaturas com as seguintes condições:

- $T_{\text{total}} = 61 \text{ min}$
- $T_{\text{inicial}} = 70 \text{ °C}$ durante 1 min
- Rampa 1 = 2 °C/min até 170 °C

- Rampa 2 = 16 °C/min até 250 °C
- T = 250 °C durante 5 min

Para o qMS a temperatura da fonte foi a 250°C e o espectrómetro de massa trabalhou em modo de impacto eletrónico com energia de 70eV. A análise do varrimento foi feita em modo SCAN no intervalo de 50-700 m/z a 10 ciclos/s.

2.8 - Determinação do teor de matéria gorda

As extrações em Soxhlet foram realizadas com 150 mL de n-hexano num extrator com 50 mL de capacidade e cartucho dimensões 10x4 mm, durante 7 horas. A massa de óleo foi determinada gravimetricamente após remoção do solvente. Para garantir que o óleo final não transportava resíduos de amostra, os extratos do Soxhlet foram primeiramente filtrados sob vácuo num filtro poroso de vidro (tamanho G1). Seguidamente, o n-hexano do filtrado foi removido num evaporador rotativo a 40 °C e o óleo resultante transferido para tubos de *speedvac*. O rendimento da extração (%) η foi calculado como a massa de óleo extraído de 100 g de amostra de ração.

2.9 – Determinação do teor proteico

Para a determinação do teor de proteína total na amostra, procedeu-se a quantificação do azoto total, através de análise elementar. Para o efeito usou-se um equipamento Truspec 630-200-200. A temperatura da fornalha de combustão foi de 1075° C e a temperatura pós-combustão foi de 850° C. A deteção do nitrogénio foi realizada por condutividade térmica.

Após a determinação do teor de nitrogénio, multiplicou-se pelo fator de conversão de nitrogénio. Este fator foi de 6,25 para a mistura de concursos com retentato e de 5,64 para a mistura de controlo para o período de concursos. Esta diferença deveu-se ao facto da proteína desta segunda mistura derivar quase exclusivamente da soja e, segundo Sriperm *et al.*, 2010 a proteína da soja tem um fator de conversão de 5,64.

2.10 - Análise estatística

Os resultados obtidos para a humidade, teor de cinzas, açúcares livres e açúcares torais, foram avaliados estatisticamente por recurso aos testes F e t-student com um nível de

significância de 95% (através do Microsoft Excel 2010). As diferenças consideraram-se significativas quando $p \leq 0,05$.

3. Resultados e Discussão

3.1 – Formulações de Extrusados para Columbofilia

A alimentação do pombo-correio é feita essencialmente por cereais, sementes oleaginosas e leguminosas. No entanto, nos últimos anos tem-se verificado uma tendência crescente para incorporar alimentos extrusados e granulados na dieta destes animais.

O recurso a alimentos extrusados traz vantagens para a indústria, pois permite integrar matérias-primas diferentes e economicamente vantajosas, nos produtos direcionados à columbofilia. Para o pombo, o uso dos extrusados permite uniformizar o valor nutricional do alimento e evitar a seleção de sementes preferidas, promovendo uma dieta mais equilibrada e uniforme (Peisker, 2006).

3.1.1 – Extrusado para período de concursos

Os concursos são o período de principal desgaste do pombo-correio. Por este motivo, as rações têm que fornecer um conjunto de nutrientes que permita ao pombo-correio desenvolver: (i) uma estrutura muscular robusta; (ii) um conjunto de reservas energéticas adequadas (iii) um metabolismo capaz de mobilizar reservas e combater o stresse oxidativo causado pelos longos tempos de voo (Constantini et al., 2008b).

O retentato de maçã é um subproduto rico em proteína e, portanto, capaz de promover o desenvolvimento muscular. Por outro lado, a sua fração lipídica é muito rica em ácido oleico e linoléico, que são dos principais ácidos gordos mobilizados pelo organismo do pombo durante voos prolongados (Constantini et al., 2008b; Cruz *et al.*, 2014). Já o β -sitosterol, presente no retentato, pode funcionar como um anti-oxidante e evitar que ocorram fenómenos de oxidação lipídica durante os voos, devido ao aumento de espécies reativas de oxigénio (Baskar *et al.*, 2012).

3.1.1.1 – Controlo sem adição de subprodutos de maçã

Esta formulação recorreu a matérias-primas e subprodutos comuns na indústria da alimentação animal, cujos teores nutricionais e valor de mercado estão bem definidos. A tabela 16 descreve o perfil nutricional do extrusado de controlo, mencionando também os aditivos que integram a mistura.

Esta fórmula teve um teor de proteína de 22%, superando os valores máximos, de 18%, sugeridos por Sales & Jensens, 2003, para o pombo adulto. Este teor justifica-se pelas necessidades nutricionais acrescidas de um pombo-correio para competição, em comparação com o pombo-correio adulto “normal”.

O teor de matéria gorda do extrusado foi de 9%, um valor bastante superior à recomendação de 3-5% de lípidos. No entanto, apesar da formulação ter 9% de lípidos, cerca de metade é adicionado *à posteriori*, na forma de óleo de soja, evitando a degradação dos ácidos gordos insaturados e a perda de forças de atrito dentro do barril de extrusão (Singh *et al.*, 2007; Mosciki, 2009).

O amido e os açúcares livres, em conjunto com os lípidos, são fundamentais para garantir que o pombo-correio, durante todo o período de treinos e provas, consiga manter reservas energéticas adequadas. Além disso, o amido também é fundamental para a textura do extrusado, devido aos processos de expansão e de gelatinização. Contudo, durante o processo de extrusão ocorrem fenómenos de despolimerização, com libertação de açúcares livres e pequenos polissacarídeos, tornando complicado prever que quantidade deste polissacarídeo passa para a fração dos açúcares livres (Singh *et al.* 2010). Os teores de amido seleccionados para esta formulação situaram-se entre a quantidade média nas leguminosas, 42%, e a quantidade média nos cereais, 66% (Blas *et al.*, 2010). Este valor intermédio deverá permitir uma extrusão adequada sem que o teor de açúcares libertado seja muito elevado.

A fibra é outro parâmetro importante na dieta e tem de ser controlado para evitar problemas na absorção dos nutrientes, no equilíbrio da microflora e na consistência das fezes do animal (Jorgensen *et al.*, 1996). Para definir os teores de fibra nos extrusados, partiu-se do princípio de que o pombo-correio necessita de uma quantidade de fibra próxima da dos cereais. Considerando ainda que durante o processo de extrusão ocorre alguma despolimerização da fibra insolúvel, resultando na formação de fragmentos mais pequenos e solúveis, foi necessário aumentar os teores de fibra no extrusado (Guy *et al.*, 2001).

Na tabela 16 também estão presentes os aditivos e as repetivas taxas de incorporação. Através do corretor vitamínico e mineral, garantiu-se ao consumidor que o extrusado tem as quantidades de vitaminas necessárias ao bom funcionamento do organismo. Este corretor é comum a todas as formulações e é rico em vitaminas lipossolúveis, contendo ainda minerais e vitaminas do complexo B. A necessidade de suplementar com vitaminas lipossolúveis deveu-se ao baixo teor de matérias-primas oleaginosas, ricas em vitaminas A, E e K. Por outro lado, os cereais e as sêmeas de cereais, presentes nos extrusados, são fontes bastante completas de vitaminas do complexo B e de minerais (Blas *et al.*, 2010).

A adição de substâncias adsorventes de toxinas e antifúngicas é fundamental para

reduzir os riscos de intoxicações, causadas por fungos e micotóxinas presentes nas matérias-primas. No caso dos pombos-correio para competição, as doenças causadas por fungos resultam em problemas respiratórios, regurgitação e perda de peso (Rupiper, 1998), com efeitos drásticos na *performance* desportiva.

Os concentrados proteicos e os aditivos contendo aminoácidos específicos, constituem uma estratégia importante para aumentar o valor nutricional da proteína, pois a proteína vegetal não possui teores de aminoácidos essenciais ajustados às necessidades dos animais.

Estas propriedades dos aditivos estendem-se a todas as fases do desporto columbófilo.

Tabela 16 - Composição nutricional do alimento extrusado para pombo-correio, dedicado à época de concursos - Sem adição de subprodutos de maçã.

Macronutrientes					
Proteína Bruta	Matéria Gorda	Amido + Açúcares Livres	Fibra Dietética	Cinzas	Valor Energético
22%	9%	56%	6%	4%	3400 kcal/kg
Aditivos					
Concentrado de proteína animal + aminoácidos		Vitaminas e Minerais	Adsorvente de micotoxinas	Antifúngico	
3%		0,5%	1%	1%	

3.1.1.2 – Alimento extrusado para a época de concursos com incorporação de retentato de maçã

Esta formulação procurou reduzir a dependência de bagaço de soja como fonte de proteína, através da inclusão de um subproduto da indústria alimentar atualmente descartado, o retentato de maçã. Deste modo, procedeu-se à incorporação de 15% de retentato de maçã com uma redução próxima dos 20% de bagaço de soja. Devido às diferenças na composição destes subprodutos foi necessário fazer ajustes nas restantes matérias-primas adicionadas.

Na tabela 17 está descrita a composição nutricional do alimento extrusado para concursos com retentato de maçã, prevista através dos valores tabelados para as matérias-primas. Por comparação com os valores nutricionais do extrusado de controlo, concluímos que esta formulação é mais pobre em proteína, mas mais rica em lípidos e

em fibra. Verifica-se também que os teores conjuntos de amido e açúcares livres são semelhantes entre as fórmulas. É também esperado que o valor energético desta formulação supere o controlo, pois possui um teor mais elevado de lípidos, cuja oxidação, em comparação com as proteínas, fornece mais do dobro das calorias por unidade de massa (Cox & Nelson, 2008).

A presença de açúcares livres, facilmente assimiláveis, podem ser benéficas para os pombos, especialmente em alturas de treino, pois permitem restabelecer rapidamente os níveis hepáticos e musculares de glucose e glicogénio. Estas propriedades dos açúcares são exploradas pelas empresas associadas à columbofilia, através da comercialização de suplementos contendo mais de 90% de açúcares livres e algumas vitaminas (Levin, 1994). Por outro lado, a presença de açúcares durante a extrusão pode promover a ocorrência de reações de Maillard, diminuindo a disponibilidade dos açúcares e de aminoácidos essenciais, principalmente de lisina (Iwe *et al.*, 2001). O aumento no teor de fibra deveu-se aos ajustes na formulação associados à adição do retentato. No entanto, a fibra proveniente do retentato, ao contrário da soja, é muito rica em substâncias pécicas e noutros polissacarídeos de baixo peso molecular, que podem ser utilizados pela microflora do pombo-correio, promovendo, por exemplo, a formação de ácidos gordos de cadeia curta. Estes, além de funcionarem como fontes de energia para as células epiteliais do intestino, também apresentam toxicidade contra bactérias patogénicas (Knudsen, 2001).

Tabela 17 - Composição nutricional do alimento extrusado para pombo-correio, dedicado à época de concursos - Com adição de retentato de maçã.

Macronutrientes					
Proteína Bruta	Matéria Gorda	Amido + Açúcares Livres	Fibra Dietética	Cinzas	Valor Energético
20%	10%	56%	7%	5%	3600 kcal/kg
Aditivos					
Concentrado de proteína animal		Vitaminas e Minerais	Adsorvente de micotoxinas	Antifúngico	
2%		0,5%	1%	1%	

3.1.1.3 Comparação entre formulação de controlo e formulação com retentato

Na tabela 18 estão representadas as matérias-primas presentes nas formulações para concursos e a contribuição de cada matéria-prima para o valor nutricional do produto final.

Tabela 18 - Constituintes que compõem o extrusado para a época de concursos sem adição de retentato (cont.) e com adição de retentato (Ret.). No lado direito temos a contribuição de cada matéria-prima para o valor nutricional do produto final.

Matérias-primas	Energia		Lípidos		Proteína		Fibra	
	Cont.	Ret.	Cont.	Ret.	Cont.	Ret.	Cont.	Ret.
Milho								
Retentato de Maçã								
Bagaço de Soja								
Ervilha								
Aveia descascada								
Sêmea de arroz								
Soja integral								
Bagaço de Colza								
Bagaço de Girassol								
Óleo de soja								
Trinca de arroz								
Proteína animal purificada								
Lisina								
Metionina								
Corretor vitamínico e mineral								
Antifúngico								
Adsorvente de micotoxinas								

Legenda do esquema de cores da tabela. Os valores são relativos à quantidade total do respetivo nutriente, no alimento extrusado.

0%	0 - 5%	5 - 10 %	10 - 15 %	15 - 25 %	> 25 %

Através da tabela é possível ter uma noção entre a taxa de incorporação das matérias-primas e a sua contribuição para o teor de cada macronutriente do produto. Deste modo,

é possível afirmar que o milho introduzido, em ambos os extrusados, contribuiu com mais de 25% da energia metabolizável da fórmula e cerca de 10-15 % dos lípidos e da proteína do extrusado. Quadrados a branco indicam ausência da matéria-prima ou uma contribuição nula para o parâmetro em questão.

Na formulação de controlo (Cont.), a fonte de proteína é a soja, tal permite compensar o défice de lisina associado ao milho e aos restantes cereais. O uso do bagaço de soja em prol do retentato e de bagaço de girassol/colza permite também obter um extrusado com teores de fibra mais reduzido (Blas *et al.*, 2010).

Na formulação com retentato (Ret.) é possível verificar que o retentato contribui com mais de 10% da fibra desta fórmula e 15 a 25 % da proteína, dos lípidos e da energia metabolizável. Através deste subproduto conseguimos simultaneamente reduzir a dependência de soja como fonte de proteína, lípidos e fibra, em fórmulas para o período de concursos. A incorporação de retentato, no entanto, implicou a utilização de outras fontes de proteína como os bagaços de colza e de girassol. Com as diferentes contribuições, é possível obter uma proteína mais variada, mas, ainda assim, com menos lisina. Por este motivo, o produto final pode ter uma quantidade de proteína ligeiramente mais reduzida, sem que tal tenha um efeito negativo nos animais. No entanto, de modo a prevenir carências de lisina, foi adicionada uma pequena quantidade de um aditivo contendo este aminoácido.

Uma vez que as fontes de proteína são das matérias-primas mais dispendiosas, conseguir substituí-las pelo retentato de maçã poderá apresentar uma vantagem económica para a indústria das rações.

3.1.2 – Extrusado para a fase da muda

A muda da pena é o período do ano em que o pombo-correio procede à troca progressiva das suas penas corporais. Estas estruturas correspondem a 20-30% do peso total do animal, são altamente vascularizadas e contém cerca de 95% de proteína. A proteína é composta por cadeias de queratina de baixo peso molecular e rica em aminoácidos sulfurados, glicina e valina. (Kasprzak, 2006; Saino *et al.*, 2013).

Na tabela 19 estão representadas as matérias-primas que constituem o alimento extrusado para a fase da muda da pena. Neste alimento, a incorporação de retentato de maçã foi apenas 10%, pois os seus teores em aminoácidos sulfurados (apesar de superiores aos de lisina) são baixos em comparação com as necessidades do animal. Assim, em vez de adicionar mais retentato, devem-se aumentar os teores dos bagaços de

colza e girassol, pois são as matérias-primas disponíveis com maiores teores de metionina e cisteína. Em contrapartida, também se deve adicionar soja, em prol de mais retentato, de modo a garantir quantidades adequadas de lisina na dieta do pombo.

Como o retentato tem muito mais matéria gorda do que as restantes fontes de proteína, a sua adição também tem de ser controlada, caso contrário, podem-se exceder as necessidades energéticas do pombo-correio e contribuir para um excesso de peso indesejado.

Tabela 19 – Constituintes que compõem o extrusado desenvolvido para a época da muda com adição de retentato de maçã. Esta tabela está ordenada da matéria-prima em maior quantidade para a matéria-prima em menor quantidade na mistura. No lado direito temos a representação da contribuição de cada matéria-prima para o valor nutricional do produto final.

Matérias-primas	Energia	Lípidos	Proteína	Fibra
Milho				
Retentato de maçã				
Aveia descascada				
Bagaço de soja				
Bagaço de colza				
Soja integral				
Sêmea de arroz				
Sêmea de trigo				
Trigo				
Farinha de bolacha				
Bagaço de girassol				
Proteína animal purificada				
Corretor vitamínico e mineral				
Antifúngico				
Adsorvente de micotoxinas				

Legenda do esquema de cores da tabela. Os valores são relativos à quantidade total do respetivo nutriente, no alimento extrusado.

0%	0 - 5%	5 - 10 %	10 - 15 %	15 - 25 %	> 25 %

Na tabela 20 está apresentada a composição nutricional do alimento extrusado para a época da muda.

Nesta fase, também se justificam teores de proteína superiores aos reportados por *Sales & Jensens, 2003*, para o pombo adulto, pois o animal precisa de proteína para a estrutura e vascularização das novas penas. Por outro lado, não se pretendem valores energéticos muito elevados, pois o animal nesta fase está bastante letárgico e tem propensão para ficar com excesso de peso. Neste caso, conseguiu-se contrabalançar o valor energético do retentato com a adição de sêmea de trigo e sêmea de arroz. Os aditivos servem um propósito semelhante ao descrito para a época de concursos.

Tabela 20 - Composição nutricional do alimento extrusado para pombo-correio, dedicado à época da muda - Com adição de retentato de maçã.
(*incluído no teor de proteína bruta.)

Macronutrientes					
Proteína Bruta	Matéria Gorda	Amido + Açúcares Livres	Fibra Dietética	Cinzas	Valor Energético
20%	6%	58%	7%	6%	2800 kcal/kg
Aditivos					
Concentrado de proteína animal*		Vitaminas e Minerais	Adsorvente de micotoxinas		Antifúngico
2%		0,5%	1%		1%

3.1.3 – Extrusado para o período de criação

O alimento extrusado para o período de criação necessita, tal como nos concursos, de teores elevados de proteína e matéria gorda. Isto porque no período de criação ocorre um conjunto de alterações comportamentais associadas ao acasalamento, que conduzem a gastos de energia. Por outro lado, após o nascimento das crias, a sua alimentação, através do LP, exige um esforço metabólico intenso (*Gayathri et al., 2004; Gayathri et al. 2006*).

Na tabela 21 estão representadas as matérias-primas que constituem o alimento extrusado para a fase da criação.

A incorporação do retentato de maçã nesta formulação foi de 15 %. Esta matéria-prima é rica em proteína e matéria gorda e pode facilmente substituir o bagaço de soja, colza ou girassol. No entanto, a elevada quantidade de ácidos gordos insaturados na forma

livre, aumenta a susceptibilidade a fenómenos de rancidez, particularmente após a extrusão (Cruz *et al.* 2014; Singh *et al.* 2007). Esta degradação lipídica deve ser monitorizada e controlada pois Xie *et al.*, 2013 comprovou que o perfil lipídico da dieta dos progenitores tem um impacto considerável no desenvolvimento dos borrachos.

Tabela 21 - Constituintes que compõem o extrusado desenvolvido para a época da criação com adição de retentato de maçã. Esta tabela está ordenada da matéria-prima em maior quantidade para a matéria-prima em menor quantidade na mistura. No lado direito temos a representação da contribuição de cada matéria-prima para o valor nutricional do produto final

Matérias-primas	Energia	Lípidos	Proteína	Fibra
Milho				
Retentato de maçã				
Bagaço de soja				
Aveia descascada				
Sêmea de arroz				
Farinha de bolacha				
Soja integral				
Sêmea de trigo				
Óleo de soja				
Bagaço de colza				
Proteína animal purificada				
Corretor vitamínico e mineral				
Antifúngico				
Adsorvente de micotoxinas				

Legenda do esquema de cores da tabela. Os valores são relativos à quantidade total do respetivo nutriente, no alimento extrusado.					
0%	0 - 5%	5 - 10 %	10 - 15 %	15 - 25 %	> 25 %

Na tabela 22 está evidenciada a composição nutricional do extrusado desenvolvido para a época de criação. Os teores de proteína (18%) e matéria gorda (10%) escolhidos para esta fase estão próximos da composição média do LP ao longo das primeiras semanas

em que a cria é alimentada. Apesar do LP ter uma composição muito mais concentrada nos primeiros dias, é esperado que o animal forme reservas adiposas e proteicas durante o período de acasalamento, pois nessa altura, os teores nutricionais fornecidos estão em excesso (Shetty *et al.*, 1992). Caso contrário, se a ração for pouco nutritiva, o pombo-correio corre o risco de consumir todas as suas reservas energéticas e recorrer à catálise proteica, tal como acontece nas provas de longa duração (Constantini *et al.*, 2008b). A perda de massa muscular deixa o animal muito debilitado, dificultando a recuperação da sua forma física para o período de concursos seguinte.

Tabela 22 - Composição nutricional do alimento extrusado para pombo-correio, dedicado à época da criação - Com adição de retentato de maçã.
(*incluído no teor de proteína bruta.)

Macronutrientes					
Proteína Bruta	Matéria Gorda	Amido + Açúcares Livres	Fibra Dietética	Cinzas	Valor Energético
18%	10%	58%	6%	6%	3000 kcal/kg
Aditivos					
Concentrado de proteína animal*		Vitaminas e Minerais	Adsorvente de micotoxinas	Antifúngico	
2%		0,5%	1%	1%	

3.1.4 – Extrusado para a época de defeso

Durante o período de concursos, os pombos-correio consomem as suas reservas energéticas, perdem massa muscular devido à catálise das proteínas e acumulam lesões celulares causadas por estímulos oxidativos. Desta forma, é necessário que o animal disponha de um período que lhe permita recuperar a sua condição física, assim como as suas reservas de micronutrientes (vitaminas, antioxidantes, minerais). Este período denomina-se por época de defeso (Constantini *et al.*, 2008a; Freydiger, 1984).

Na tabela 23 encontram-se representados os constituintes deste extrusado, ordenados de acordo com a sua taxa de incorporação. Neste período, os animais têm uma actividade muito reduzida e, portanto, tem necessidades energéticas e proteicas baixas. Por este motivo, a incorporação de retentato de maçã foi apenas 5 %, visto que teores mais

elevados desta matéria-prima iriam resultar num excesso de proteína, matéria gorda e açúcares livres. Por isso optou-se por uma fórmula muito rica em cereais, mas também com adição de sub-produtos como a sêmea de trigo, a sêmea de arroz e a vagem de alfarroba. Estes últimos permitem reduzir o valor energético da fórmula enquanto contribuem com vitaminas do complexo B e minerais (Blás et al., 2010)

Tabela 23 - Constituintes que compõem o extrusado desenvolvido para a época do defeso com adição de retentato de maçã. Esta tabela está ordenada da matéria-prima em maior quantidade para a matéria-prima em menor quantidade na mistura. No lado direito temos a representação da contribuição de cada matéria-prima para o valor nutricional do produto final.

Matérias-primas	Energia	Lípidos	Proteína	Fibra
Milho				
Cevada				
Aveia descascada				
Alfarroba				
Sêmea de trigo				
Sêmea de arroz				
Retentato de maçã				
Trigo				
Bagaço de girassol				
Bagaço de Soja				
Óleo de soja				
Corretor vitamínico e mineral				
Antifúngico				
Adsorvente de micotoxinas				

Legenda do esquema de cores da tabela. Os valores são relativos à quantidade total do respetivo nutriente, no alimento extrusado.

0%	0 - 5%	5 - 10 %	10 - 15 %	15 - 25 %	> 25 %

Na tabela 24 temos a composição nutricional do alimento extrusado direcionado ao período de defeso. A selecção destes teores nutricionais seguiu as ideias de *Sales & Janssens, 2003* e de *Freydiger, 1984*, onde os autores defendiam dietas muito ricas em cereais, mas com teores de proteína de 12% e matéria gorda entre os 5-6%. Os autores também salientaram a importância de fornecer teores de vitaminas e minerais elevados, particularmente nas vitaminas lipossolúveis, de modo a que os pombos possam recuperar as reservas esgotadas durante os concursos. Os teores de fibra, em particular as fibras solúveis, para as quais o retentato tem uma contribuição importante, também têm elevada importância, pois contribuem para o desenvolvimento da microflora e para a produção de vitaminas por parte das bactérias (Knudsen, 2001).

Os restantes nutrientes devem manter-se relativamente baixos, de modo a evitar problemas de obesidade nos animais.

Tabela 24 - Composição nutricional do alimento extrusado para pombo-correio, dedicado à época de defeso - Com adição de retentato de maçã.

Macronutrientes					
Proteína Bruta	Matéria Gorda	Amido + Açúcares Livres	Fibra Dietética	Cinzas	Valor Energético
12%	5%	71%	6%	4%	2600 kcal/kg
Aditivos					
Concentrado de proteína animal		Vitaminas e Minerais	Adsorvente de micotoxinas		Antifúngico
0%		0,5%	1%		1%

3.2 – Análise nutricional: Comparação entre formulações para concursos com e sem retentato de maçã

Do ponto de vista nutricional, foi possível incorporar o retentato de maçã nas diferentes formulações sem impactos negativos na qualidade dos produtos.

Na tabela 25 estão representados os valores nutricionais das rações com e sem incorporação de retentato, obtidos após a análise dos diferentes produtos finais.

Tabela 25 - Comparação dos parâmetros nutricionais entre extrusados para época de concursos com e sem a adição de retentato de maçã (*Letras diferentes representam valores significativamente diferentes, $p < 0,5$ e $n=2$*). (* ensaios onde não foram realizadas réplicas)

Constituinte	Extrusado Concursos Controlo (%)	Extrusado de Concursos com Retentato (%)
Proteína	19,98 ^a ± 0,011	15,01 ^b ± 0,006
Matéria Gorda	3,30*	4,23*
Humidade	7,67 ^a ± 0,324	7,08 ^a ± 0,868
Cinzas	7,18 ^a ± 0,311	4,99 ^b ± 0,217
Açúcares Totais	54,4 ^a ± 6,09	57,1 ^a ± 6,62
Açúcares Livres	5,68 ^a *	9,37 ^b ± 0,38

Através desta tabela é possível concluir que a ração com adição de retentato apresentou um valor próximo de açúcares totais, contudo, a fracção de açúcares livres é cerca de duas vezes superiores face à formulação de controlo. Atendendo que o bagaço de soja possui cerca de 8% açúcares (Blas *et al.*, 2010) e o retentato possui cerca de 5,2% (Cruz *et al.*, 2014), esta diferença não era esperada. A justificação para este resultado pode dever-se às adaptações feitas ao método de separação da fase sólida do retentato, descrito por Cruz *et al.*, 2014, onde procederam a uma centrifugação refrigerada, durante 20 min a 15000 rpm. Nesta experiência, devido à necessidade de obter maiores quantidades de resíduo sólido e para aproximar o processo a uma escala piloto, foram centrifugados volumes superiores de retentato, durante 15 min a 5000 rpm e sem refrigeração. Esta alteração tornou a centrifugação menos eficiente, deixando mais açúcares livres retidos na matriz sólida do retentato. Para contrariar este excesso de açúcares livres, pode-se aumentar o tempo de centrifugação ou optar por substituir as fontes de amido e açúcares, como as leguminosas, por bagaços de oleaginosas.

O teor de matéria gorda determinado foi ligeiramente superior na formulação com retentato, tal como era esperado no ponto 3.1.1. Este resultado é justificado pelo maior teor de lípidos presente no retentato (11,4%) comparativamente ao bagaço de soja (1,9%). No entanto, os valores de lípidos registados em ambas as rações foram muito inferiores aos previstos nos pontos 3.1.1.1 e 3.1.1.2. Diminuições semelhantes foram descritas por Singh *et al.*, 2007, onde reportou que o processo de extrusão pode reduzir

o teor de lípidos extratáveis em mais de 40%, devido à libertação de ácidos gordos e fosfolípidos, a partir de triglicerídeos e glicerofosfolípidos, ficando livres para reagir com proteínas e polissacarídeos e impedindo a sua extração. Por outro lado, seria de esperar que o hexano fosse capaz de extrair uma maior quantidade de lípidos, mesmo estando complexados. Contudo, os resultados contrariaram esta expectativa, demonstrando que as ligações entre ácidos gordos e outras macromoléculas são estáveis. A proteína foi o parâmetro em que se encontrou uma maior diferença entre os valores das duas rações, sendo que a formulação com incorporação de retentato teve um valor real 5% inferior ao esperado em 3.1.1.1. O mesmo não aconteceu na ração de controlo. Uma possível explicação para esta ocorrência prende-se com as características do retentato de maçã usadas nesta experiência, já mencionadas anteriormente. Cruz *et al.*, 2014 sugeria um teor de proteína na ordem dos 30%, contudo, neste trabalho, optou-se por uma separação da fração sólida do retentato menos eficiente, e o resíduo utilizado tinha mais açúcares livres, diluindo as percentagens dos restantes componentes, incluindo a proteína.

A tabela 26 mostra a caracterização dos resíduos de açúcares que compõe todos os hidratos de carbono presentes na amostra. O principal aspeto a salientar está no teor de glucose superior a 84 % em ambas as amostras. Este dado é facilmente justificável pela riqueza de ambas as amostras em polissacarídeos amiláceos. Os restantes resíduos estão presentes em quantidades muito inferiores, contudo, é possível deduzir de que se tratam de polissacarídeos das paredes celulares como as xilanas, as xiloglucanas, as mananas ou as galactomananas (Vries & Visser, 2001).

Tabela 26 - Percentagem molar dos resíduos de açúcar que constituem a totalidade dos hidratos de carbono, polissacarídeos e açúcares livres, presentes nas rações para concursos.

Amostra	Hidratos de Carbono Totais (% mol)					Total HC (mg/g)
	Ara	Xyl	Man	Gal	Glc	
Extrusado sem retentato (Controlo)	5,4	6,3	0,88	2,8	84,6	571,2
Extrusado com retentato	5,2	4,6	0,94	5,0	84,2	543,8

Na tabela 27 está apresentada a composição em aminoácidos essenciais e não essenciais identificados em ambas as rações para concursos. Numa primeira análise confirmou-se a

maior quantidade de proteína na ração para concursos de controlo, contudo, a ração com retentato apresentou uma maior percentagem de aminoácidos essenciais.

Tabela 27 - Composição de aminoácidos e teor de proteína nas formulações para concursos de controlo e com adição de retentato. (Letras diferentes representam valores significativamente diferentes, $p < 0,05$ e $n=2$)

Aminoácido	Concursos controlo		Concursos retentato	
	C (mg/g)	% mol	C (mg/g)	% mol
Aminoácidos não essenciais:	145,4	76,3 ^a	99,4	74,1 ^b
Alanina	13,0	8,04	9,54	8,49
Glicina	37,4	27,4	21,5	22,7
Serina	8,58	4,47	7,90	5,91
Prolina	37,3	17,9	28,7	19,7
Ácido aspártico + Asparagina	17,1	7,12	10,1	6,11
Ácido glutâmico + Glutamina	23,7	8,88	16,3	8,86
Tirosina	8,25	2,50	5,36	2,36
Aminoácidos essenciais:	61,7	23,7 ^a	47,1	25,9 ^b
Valina	5,13	2,41	3,85	2,61
Treonina	8,46	3,89	5,98	3,99
Leucina	10,6	4,44	8,35	5,02
Isoleucina	2,76	1,16	1,79	1,07
Metionina	1,05	0,39	0,38	0,20
Fenilalanina	29,7	9,88	24,8	11,9
Lisina	4,08	1,53	1,96	1,06
Proteína Total	207,1	100	146,5	100

Dos 20 aminoácidos principais, não foram detetados a cisteína, a arginina, a histidina e o triptofano, sendo estes dois últimos classificados como essenciais. A ausência destes aminoácidos pode estar relacionada com a falta de sensibilidade do método para os aminoácidos mencionados. Por outro lado, as suas concentrações podem ser inferiores ao limite de deteção do equipamento.

Além disso, foram adicionados aditivos contendo aminoácidos a estas formulações.

A formulação de controlo foi suplementada com metionina, pois a sua principal fonte de proteína (soja) tem carência de aminoácidos sulfurados, possuindo apenas 2,6% de metionina e cisteína (Blás *et al.*, 2010). Através desta adição, procurou-se garantir que a metionina corresponderia, no mínimo, a cerca de 1% do valor total da proteína. Contudo, a análise revelou um teor de metionina de 0,4%, sugerindo que uma grande parte do aminoácido foi perdida durante o processo de extrusão. Estes resultados estão de acordo com *Alonso et al.*, 2000b e *Marzo et al.*, 2002, que reportaram reduções de metionina em extrusados de 34% e 20%, respectivamente.

A formulação com retentato foi suplementada com lisina, pois este subproduto de maçã, ao contrário da soja, é pobre neste aminoácido. Assim, adicionou-se lisina de modo a garantir 1% deste aminoácido no teor total de proteína. Contudo, comparando os dois extrusados, verificou-se que mesmo com a adição do suplemento, o extrusado com adição de retentato teve um teor de lisina inferior ao extrusado de controlo. Estes resultados podem estar relacionados com a elevada riqueza em açúcares livres na formulação com retentato, visto que estes reagem com a lisina através das reações de Maillard. *Iwe et al.*, 2001 reportou perdas de lisina de 15% em soja extrusada contra 60% em batata-doce extrusada, sustentando que a quantidade de açúcares nas matérias-primas promove a perda de lisina.

Além das variações nutricionais, as formulações apresentaram diferenças no aspeto visual que podem ter implicações comerciais. Estas diferenças estão evidenciadas na figura 11, onde se demonstrou que a formulação com retentato (B1) apresentou uma cor notoriamente mais escura do que a formulação de controlo (A1). Esta diferença deveu-se às propriedades das matérias-primas utilizadas, pois a soja (A2) tem uma tonalidade muito mais clara do que o retentato (B2). Por outro lado, a adição de retentato de maçã aumentou o teor de açúcares livres e, consequentemente, aumentou a extensão das reações de Maillard durante o processo de extrusão, contribuindo ainda mais para a cor escura do alimento (Villamiel, 2006a).

Estas formulações não foram testadas junto com os criadores, contudo, a experiência com alimentos extrusados e granulados destinados a outras espécies de aves, como os frangos e os perus, leva a crer que a tonalidade mais escura pode tornar os criadores pouco receptivos ao produto.

A cor castanha do retentato deveu-se principalmente aos produtos da oxidação de procianidinas, formados pela ação da enzima oxidase dos polifenóis (OP). Contudo,

como as procianidinas não são um substrato desta enzima, a sua oxidação envolve reacções acopladas com os grupos quinona de ácidos fenólicos, nomeadamente o ácido clorogénico. Além das procianidinas, também a oxidação da floridizina e da epicatequina, pela OP, contribuíram para a coloração dos subprodutos da maçã (Varnam & Sutherland, 1994). A secagem em estufa do retentato, ao longo de 16 horas a uma temperatura constante de 70°C possibilitou a ocorrência de fenómenos de caramelização assim como de formação de melanoidinas. Ambas as possibilidades implicam a formação de compostos de cor que prejudicam tanto o aspeto do retentato como a sua digestibilidade e valor nutricional (Villamiel *et al.*, 2006b)



Figura 11 - Aspeto visual das formulações para concursos de controlo (A1) e com adição de retentato de maçã (B1). Em baixo, encontram-se duas das principais matérias-primas utilizadas, o bagaço de soja (A2) e o retentato de maçã (B2).

O escurecimento do retentato prejudica o aspeto dos produtos em que é incorporado e provoca a sua desvalorização. Para diminuir a atividade da OP poder-se-ia reduzir a temperatura de armazenamento do subproduto para perto de 4°C, reduzir o pH do retentato para valores inferiores a 3,0 ou adicionar compostos antioxidantes, nomeadamente, o ácido ascórbico (Varnam & Sutherland, 1994). Por outro lado, também seria importante otimizar o processo de secagem em estufa, de modo a evitar

as reações de Maillard. No entanto, estes mecanismos para controlar as reações de *browning* no rententato implicariam um investimento por parte das empresas. Estas optam por descartar o rententato para tratamento em ETAR, não trazendo qualquer benefício económico, além de poluir o meio ambiente.

Com este trabalho, através da incorporação do rententato em formulações de alimentos extrusados para pombo-correio, revelou-se que este subproduto tem potencial na indústria alimentar.

Conclusões

O desenvolvimento de novas formulações para a alimentação de pombos-correios com incorporação de retentato de maçã. Por outro lado, também permitiu a exploração de outros subprodutos comuns na indústria das rações, como os bagaços de oleaginosas, mas que não são habituais nas misturas para pombo-correio. Estas formulações permitiram valorizar um subproduto até à data desconhecido, o retentato de maçã, e introduzir outros subprodutos, com vantagens económicas e operacionais.

As percentagens de incorporação do retentato de maçã foram de 5% para a ração depurativa, 10% para a ração da muda de pena e 15% para as rações de concursos e criação. O bagaço de maçã, outro subproduto de maçã avaliado, foi excluído destas formulações devido ao seu teor de fibra muito elevado e à baixa quantidade de proteína e lípidos. No entanto, para outro tipo de animais como ruminantes e leporídeos poderá ser incorporado.

A formulação para concursos apresentou 20% de proteína, 10% de matéria gorda, 55% de hidratos de carbono, 7% de fibra dietética e 5% de cinzas. A formulação de criação possui 18% de proteína, 10% de matéria gorda, 58% de hidratos de carbono, 6% de fibra e 6% de cinzas. A formulação para a muda apresentou 20% de proteína, 6 % de matéria gorda, 58% de hidratos de carbono, 7% de fibra e 6% de cinzas. Por último, a formulação para o defeso apresentou 12% de proteína, 5% de matéria gorda, 71% de hidratos de carbono, 7% de fibra e 3% de cinzas.

Todas as rações produzidas mantiveram o equilíbrio nutricional comparativamente às misturas de sementes, habitualmente comercializadas, contudo, o aspeto visual variou consideravelmente, podendo revelar-se um entrave durante o contacto com os criadores.

Trabalho Futuro

Perante o estudo realizado na presente dissertação, seria interessante em estudos futuros:

- Investigar metodologias para controlar a cor no resíduo sólido do retentato, nomeadamente, a adição de substâncias antioxidantes após o processo de ultrafiltração; o tratamento do subproduto a temperaturas inferiores a 4°C; a adição de soluções redutoras (p.e. solução de sulfuroso).
- Investigar se a optimização do processo de secagem em estufa permite controlar as reações de caramelização do retentato, assim como a possível formação de melanoidinas.
- Investigar a aceitabilidade das formulações desenvolvidas junto dos criadores e dos pombos-correio.
- Investigar os efeitos das diferentes formulações *in vivo*, ao longo do ano desportivo do pombo-correio, e averiguar se as adaptações nutricionais resultaram; numa melhoria da *performance* desportiva do pombo-correio; numa muda de pena eficiente; num período de criação equilibrado, garantindo a condição física do progenitor e do borracho; numa época de defeso capaz de melhorar o aspeto do pombo-correio e aumentar o seu potencial nas etapas seguintes.

Referências Bibliográficas

- Ai Q.; Xu H.; Mai K.; Xu W.; Wang J. & Zhang W., (2011). Effects of dietary supplementation of *Bacillus subtilis* and fructooligosaccharide on growth *performance*, survival, non-specific immune response and disease resistance of juvenile large yellow croaker, *Larimichthys crocea*. *Aquaculture*, 317, 155-161.
- Adeola O. (2006). Amino acid digestibility of corn, pearl millet, and sorghum for white pekin ducks, *Anas platyrhynchos domesticus*. *The Journal of Poultry Science*, 43, 357-364.
- Alonso R.; Aguirre A.; Marzo F. (2000a). Effects of extrusion and traditional processing methods on antinutrient and in vitro digestibility of protein and starch in faba and kidney beans. *Food Chemistry*, 68, 159-165.
- Alonso R.; Grant G.; Dewey P.; Marzo F. (2000b). Nutritional Assessment in Vitro and in Vivo of Raw and Extruded Peas (*Pisum sativum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 2286-2290.
- Amerah A. M.; Ravindran V.; Lentle R. G. (2009) Influence of insoluble fibre and whole wheat inclusion on the *performance*, digestive tract development and ileal microbiota profile of broiler chickens, *British Poultry Science*, 50:3, 366-375.
- Anrique R. G.; Dossow C. (2003). Efectos de la Pulpa de Manzana Ensilada en la Ración de Vacas Lecheras Sobre el Consumo, la Tasa de Sustitución y la Producción de Leche. *Archivos de medicina veterinaria*, 35:1, 13-22.
- Arshami J.; Pilevar M.; Elahi M. (2010). Effects of Long-Term Feeding Flaxseed on Growth and Carcass Parameters, Ovarian Morphology and Egg Production of Pullets. *International Journal of Poultry Science*, 9:1, 82-87.
- Barros F.; Awika J. M.; Rooney L. W. (2012). Interaction of Tannins and Other Sorghum Phenolic Compounds with Starch and Effects on in Vitro Starch Digestibility. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, 11609-11617.
- Baskar, A. A.; Numair, K. S.; Paulraj, M. G.; Alsaif, M. A.; Muamar, M. A.; Ignacimuthu, S. (2012). β -sitosterol prevents lipid peroxidation and improves antioxidant status and histoarchitecture in rats with 1,2-dimethylhydrazine-induced colon cancer. *Journal of Medicinal Food*, 15 (4), 335-343.
- Berrios J. J.; Morales P.; Cámara M.; Sánchez-Mata M. C. (2010). Carbohydrate composition of raw and extruded pulse flours. *Food Research International*, 43, 531-536.
- Bhuschan S.; Kalia K.; Sharma M.; Singh B.; Ahuja P. S. (2008). Processing of Apple Pomace for Bioactive Molecules. *Critical Reviews in Biotechnology*, 28:4, 285-296.
- Bibbins-Martínez M. D.; Enciso-Chávez B.; Galicia S. B.; Hernández D. C. (2012). Soluble Dietary Fibre Generation From Apple Pomace. *Proceeding of International Congress on Engineering and Food 11*, Athens, Greece.
- Biedermann T.; Garlick D. & Blaisdell A. P., (2012). Food Choice in the Laboratory Pigeon. *Behavioural Processes*, 91, 129-132.
- Blas C. de; Mateos G. G.; García-Rebollar P. (2010) *Tablas FEDNA de Composición y Valor Nutritivo de Alimentos para la Fabricación de Piensos Compuestos*, 3ed, 502 pp. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid.
- Blas C. de; Wiseman J. (2010). *The Digestive System of the Rabbit and Nutrition of the Rabbit*, 2ed, (1-19). ©CAB International

- Bleechman A. D., (2006). Pigeons: The Fascinating Saga of the World's Most Revered and Reviled Bird. University of Queensland Press.
- Boeckler G. A.; Gershenzon J.; Unsicker S. B. (2011). Phenolic glycosides of the Salicaceae and their role as anti-herbivore defenses. *Phytochemistry*, 72, 1497-1509.
- Borràs S.; Companyó R.; Granados M.; Guiteras J.; Pérez-Vendrell A. M.; Brufau J.; Medina M. & Bosch J., (2011). Analysis of antimicrobial agents in animal feed. *Trends in Analytical Chemistry*, 30, 1042-1064.
- Bourvellec C. le.; Renard C. M. G. C. (2012). Interactions between Polyphenols and Macromolecules; Quantification Methods and Mechanisms. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52:3, 213-248.
- Brambillasca S.; Britos A.; Deluca C.; Fraga M.; Cajarville C. (2013). Addition of Citrus Pulp and Apple Pomace in Diets for Dogs: Influence on Fermentation Kinetics, Digestion, Faecal Characteristics and Bacterial Population. *Archives of Animal Nutrition*, 67:6, 492-502.
- Chapoutot P.; Heuzé V.; Tran G.; Bastianelli D.; Lebas F.; Renaudeau D. (2015). Safflower (*Carthamus tinctorius*) seeds and oil meal. *Feedipedia*, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO.
- Climari M. E.; Moyano G. V.; Chediack J. G. & Caviedes-Vidal E., (2005). Feral Pigeons in Urban Environments: Dietary Flexibility and Enzymatic Digestion?. *Revista Chilena de Historia Natural*, 78, 267-279.
- Coimbra M. A.; Delgadillo I.; Waldron K. W.; Selvendran R. R. (1996). Isolation and Analysis of Cell Wall Polymers from Olive Pulp. *em Plant Cell Wall Analysis*, 19-44, Springer Berlin Heidelberg.
- Costantini D. & Lipp H. P., (2008a). Short restraint Time does not Influence Markers of Serum Oxidative Stress in Homing Pigeon (*Columba livia*). *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 94, 24-28.
- Costantini D.; Dell'Aricecia G. & Lipp H. P., (2008b). Long Flights and Age Effect Oxidative Status of Homing Pigeons (*Columba livia*). *The Journal of Experimental Biology*, 211, 377-381.
- Costantini D., (2010). Complex Trade-Offs in the Pigeon (*Columba livia*): Egg Antioxidant Capacity and Female Serum Oxidative Status in Relation to Diet Quality. *Journal of Comparative Physiology B*, 180, 731-739.
- Cox M. M.; Nelson D. L. (2008). Chapter 17: Fatty Acid Catabolismo *em* Lehninger – Principles of Biochemistry, 5ed, 647-667, W. H. Freeman and Company, New York.
- Cruz M.; Bastos A. R.; Messias S.; Quaresma P.; Coelho E.; Nunes C.; Rocha S. M.; Coimbra M. A. "Valuation of apple juice concentrate by-products", XII Encontro da Química dos Alimentos, 10-12th of September 2014, Lisbon, Portugal, pp. 68-71
- Darre M. J.; Minior D. N.; Tatake J. G.; Ressler C. (1998). Nutritional Evaluation os Detoxified and Raw Common Vetch Seed (*Vicia sativa* L.) Usinda Diets of Broilers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 4675-4679.
- Dawson A.; Hinsley S. A.; Ferns P. N.; Bonser R. H. C. & Eccleston L., (2000). Rate of Moults Affects Feather Quality: A Mechanism Linking Current Reproductive Effort to Future Survival. *Proceedings of the Royal Society of London Part B*, 267, 2093-2098.

- Dewhurst R. J.; Fisher W. J.; Tweed J. K.; Wilkins R. J. (1990). Comparison of Grass and Legume Silages for Milk Production. 1. Production Responses with Different Levels of Concentrate. *Journal of Dairy Science*, 86, 2598-2611.
- Dhillon G. S.; Kaur S.; Brar S. K. (2013). Perspective of Apple Processing Wastes as Low-Cost Substrates for Bioproduction of High Value Products: A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 27, 789-805.
- Dong X. Y.; Jiang Y. J.; Wang M. Q.; Wang Y. M. & Zou X. T., (2013a). Effects of in Ovo Feeding of Carbohydrates on Hatchability, Body Weight and Energy Status in Domestic Pigeons (*Columba livia*). *Poultry Science*, 92, 2118-2123.
- Dong X. Y.; Zhang M.; Jia Y. X. & Zou X. T., (2013b). Physiological and Hormonal Aspects in Female Domestic Pigeons (*Columba livia*) Associated with Breeding Stage and Experience. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 97, 861-867.
- Douglas M. W.; Parsons C. M.; Hymowitz T. (1999). Nutritional Evaluation of Lectin-Free Soybeans for Poultry. *Poultry Science*, 78, 91-95.
- Elleuch M.; Bedigian D.; Roiseux O.; Besbes S.; Blecker C.; Attia H. (2011). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry*, 124, 411-421.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT (2012). Rome, Italy. FAO.
- FAO and IFIF. (2010). Good practices for the feed industry – Implementing the Codex Alimentarius Code of Practice on Good Animal Feeding. FAO Animal Production and Health Manual No. 9. Rome.
- Federação Portuguesa de Columbófilia (F.P.C.), 2014. Regulamento Desportivo Nacional.
- Fekete S.; Hullár I.; Andrásföszky E. (2001). Prediction on the Energy Density of Cat Foods by Increasing Their Fibre Content With a View to Nutrients' Digestibility. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 85, 200-204.
- Figuerola F.; Hurtado M. L.; Estévez A. M.; Chiffelle I.; Asenjo F. (2004). Fibre Concentrates From Apple Pomace and Citrus Peel as Potential Fibre Sources for Food Enrichment. *Food Chemistry*, 91, 395-401.
- Fontenot J. P.; Bovard K. P.; Oltjen R. R.; Rumsey T. S.; Priode B. M. (1977). Supplementation of apple pomace with nonprotein nitrogen for gestating beef cows. I. Feed intake and *performance*. *Journal of Animal Science*, 45:3, 513-522.
- Francis G.; Makkar H. P. S.; Becker K. (2001). Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture*, 199, 197-227.
- Freydiger J., (1984). *Enciclopedia da Vida Prática: Manual do Columbófilo*. Editorial Notícias, Porto.
- Friedman M. (2006). Potato Glycoalkaloids and Metabolites: Roles in the Plant and in the Diet. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 8655-8681.
- Gayathri K. L.; Shenoy K. B. & Hegde S. N., (2004). Blood Profile of Pigeons (*Columba livia*) During Growth and Breeding. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*, 138, 187-192.

- Gayathri K. L. & Hegde S. N., (2006). Alteration in Haematocrit Values and Plasma Protein Fractions During the Breeding Cycle of Female Pigeons, *Columba livia*. *Animal Reproduction Science*, 91, 133-141.
- Gibbs D.; Barnes E. & Cox J., (2010). Pigeons and Doves: A Guide to the Pigeons and Doves of the World. Bloomsbury Publishing.
- Gilani G. S.; Xiao C. W.; Cockell K. A. (2012). Impact of Antinutritional Factors in Food Proteins on the Digestibility of Protein and the Bioavailability of Amino Acids and on Protein Quality. *British Journal of Nutrition*, 108, S315- S332.
- Gomes P. C.; Rodrigues M. P.; Albino L. F. T.; Rostagno H. S.; Gomes M. F. M.; Mello H. H. C.; Brumano G. (2008). Determinação da composição química e energética do milho e sua utilização em rações para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37:9, 1617-1621.
- Gregg K. & Rogers G. E., (1986). Chapter 33: Feather Keratin: Composition, Structure and Biogenesis. *Biology of the Integument* 2, 666-694.
- Guy R. (2001). Part 1: General influences on quality, em *Extrusion-cooking: Technologies and Applications*. 1ed, 3-27, Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC.
- Hagstrum J. T., (2000). Infrasound and the Avian Navigational Map. *The Journal of Experimental Biology*, 203, 1103-1111.
- Halkier B. A.; Gershenzon J. (2006). Biology and Biochemistry of Glucosinolates. *Annual Reviews on Plant Biology*, 57, 303-333.
- Herrmann C.; Heiermann M. & Idler C., (2011). Effects of Ensiling, Silage Additives and Storage Period on Methane Formation of Biogas Crops. *Bioresource Technology*, 102, 5153-5161.
- Heuzé V.; Tran G.; Baumont R. (2015). Common vetch (*Vicia sativa*). *Feedipedia*, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO.
- Hullár I.; Fekete S. G.; Mézes M.; Glávits R.; Gáspárdy A. & Fébel H., (2008). Effects of Oral L-Carnitine, L-Lysine Administration and Exercise on Body Composition and Histological and Biochemical Parameters in Pigeons. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 92, 411-418.
- IACA. (2013). Relatório Anual de Atividades - Estatísticas do Setor.
- Itkin M.; Heinig U.; Tzfadia O.; Bhide A. J.; Shinde B.; Cardenas P. D.; Bocobza S. E.; Unger T.; Malisky S.; Finkers R.; Tikunov Y.; Bovy A.; Chikate Y.; Singh P.; Rogashev I.; Beekwilder J.; Giri A. P.; Aharoni A. (2013). Biosynthesis of Antinutritional Alkaloids in Solacaceous Crops is Mediated by Clustered Genes. *Science*, 341, 175.
- Iwe M. O.; van Zuilichem D. J.; Ngoddy P. O.; Lammers W. (2001). Amino Acid and Protein Dispersibility Index (PDI) of Mixtures of Extruded Soy and Sweet Potato Flours. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 34, 71-75.
- Jackson M. G. (1977) Review Article: The Alkali Treatment of Straws. *Animal Feed Science and Technology*, 2, 105-130.
- Janssens G. P. J.; Immerseel F. V.; Buck J. d. & Hesta M., (2004). The Impact of Prebiotics and Salmonellosis on Apparent Nutrient Digestibility and *Salmonella Typhimurium* Var. *Copenhagen* Excretion in Adult Pigeons (*Columba livia domestica*). *Poultry Science*, 83, 1884-1890.

- Jorgensen H.; Zhao X.; Knudsen K. E. B.; Eggum B. O. (1996). British Journal of Nutrition, 75, 379-395.
- Joshi V. K.; Sandhu D. K. (1996). Preparation and Evaluation of an Animal Feed Byproduct Produced by Solid-State Fermentation of Apple Pomace. Bioresource Technology, 56, 251-255.
- Kasprzak M.; Hetmanski T. & Kulezykowska E., (2006). Changes in Hematological Parameters in Free-Living Pigeons (*Columba livia f. urbana*) During the Breeding Cycle. Journal of Ornithology, 147, 599-604.
- Knudsen K. E. B. (2001). The Nutritional Significance of "Dietary Fibre" Analysis. Animal Feed Science and Technology, 90, 3-20.
- Koyama M.; Nakamura C. (2013). Changes in phenols contents from buckwheat sprouts during growth stage. Journal of Food Science and Technology, 50:1, 86-93.
- Landeroy H., (1967). Todos os Segredos do Jogo dos Pombos e Método da Viuvez. Mundo Columbófilo, Porto.
- Levin R. J. (1994). Digestion and absorption of carbohydrates from molecules and membranes to humans. The American Journal of Clinical Nutrition, 59, 690.
- Li X.; Rezaei R.; Li P.; Wu G. (2011). Composition of amino acids in feed ingredients for animal diets. Amino Acids, 40, 1159-1168.
- Lindroth R. L.; Peterson S. S. (1988). Effects of plant phenol on *performance* of southern armyworm larvae. Oecologia (Berlin), 75, 185-189.
- Lu Y.; Foo L. Y. (1999). Antioxidant and Radical Scavenging Activities of Polyphenols From Apple Pomace. Food Chemistry, 68, 81-85.
- Lund P.; Weisbjerg M. R.; Hvelplund T. (2008). Profile of digested feed amino acids from untreated and expander treated feeds estimated using in situ methods in dairy cows. Livestock science, 114, 62-74.
- Mackenzie S. L.; Tenaschuk D. (1974). Gas-liquid chromatography of N-heptafluorobutyl isobutyl esters of amino acids. Journal of Chromatography A, 97 (1), 19-24.
- Malakian M. (2010). The Effect of Different Levels of Full Fat Sunflower Seed on *Performance* of Broiler Chickens. Agricultural Journal, 5:3, 190-195.
- Marcondes M. I.; Filho S. C. V.; Detmann E.; Valadares R. F. D.; Silva L. F. C.; Fonseca M. A. (2009). Degradação ruminal e digestibilidade intestinal da proteína bruta de alimentos para bovinos. Revista Brasileira de Zootecnia, 38:11, 2247-2257.
- Marzo F.; Alonso R.; Urdaneta E.; Arricibita F. J.; Ibáñez F. (2002). Nutritional quality of extruded kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L. var. Pinto) and its effects on growth and skeletal muscle nitrogen fractions in rats. Journal of Animal Science, 80, 875-879.
- Masatcioglu M. T.; Gokmen V.; Perry K. W. N.; Koxsel H. (2013). Effects of formulation, extrusion cooking conditions, and CO₂ injection on the formation of acrylamide in corn extrudates. Journal of the Science of Food and Agriculture, 94, 2562-2568.
- Mayengbam S.; Raposo S.; Aliani M.; House J. D. (2015). Oral exposure to the anti-pyridoxine compound 1-amino D-proline further perturbs homocysteine metabolism through the transsulfuration pathway in moderately vitamin B6 deficient rats. Journal of Nutritional Biochemistry, 26, 241-249.

- Mayengbam S.; Yang H.; Barthet V.; Aliani M.; House J. D. (2014). Identification, Characterization, and Quantification of an Anti-Pyridoxine Factor from Flaxseed Using Ultrahigh-Performance Liquid Chromatography-Mass Spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62, 419-426.
- McDonald P.; Edwards R. A.; Greenhalgh J. F. D.; Morgan C. A.; Sinclair L. A.; Wilkinson R. G., (2010). Part 5: The Nutritional Characteristics of Foods, em *Animal Nutrition*, 7ed, 497-607, Pearson.
- Mechoulam R.; Parker L. A. (2013). The Endocannabinoid System and the Brain. *Annual Reviews of Psychology*, 64, 21-47.
- Mehri M.; Pourreza J. (2010). Replacing maize with pearl millet in laying hens' diets. *Tropical Animal Health and Production*, 42, 439-444.
- Mello H. H. C.; Gomes P. C.; Rostagno H. S.; Albino L. F. T.; Souza R. M.; Calderano A. A. (2009). Valores de energia metabolizável de alguns alimentos obtidos com aves de diferentes idades. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38 (5), 863-868.
- Milner S. E.; Brunton N. P.; Jones P. W.; O'Brien N. M.; Collins S. G. & Maguire A. R., (2011). Bioactivities of Glycoalkaloids and Their Aglycones from Solanum Species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 3453-3484.
- Mithofer A.; Boland W. (2012). Plant Defense Against Herbivores: Chemical Aspects. *Annual Reviews on Plant Biology*, 63, 431-450.
- Mora C. V.; Davison M.; Wild J. M. & Walker M. M., (2004). Magnetoreception and its trigeminal mediation in the homing pigeon. *Nature*, 432, 508-511.
- Moscicki L.; van Zuilichem D. J. (2009). Chapter 1: Extrusion-Cooking and Related Technique, em *Extrusion-Cooking Techniques: Applications, Theory and Sustainability*. 1ed, 1-23, WILEY-VCH Verlag & Co. KGaA.
- Mullaney E. J.; Ullah A. H. J. (2003). The term phytase comprises several different classes of enzymes. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 312, 179-184.
- Mulrooney C. N.; Schingoethe D. J.; Kalscheur K. F.; Hippen A. R. (2009). Canola meal replacing distillers grains with solubles for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 92, 5669-5676.
- Nawiska A.; Kwasniewska M. (2005). Dietary Fibre Fractions From Fruit and Vegetable Processing Waste. *Food Chemistry*, 91, 221-225.
- Nesi N.; Delourme R.; Brégeon M.; Falentin C.; Renard M. (2008). Genetic and molecular approaches to improve nutritional value of Brassica napus L. seed. *Comptes Rendus Biologies*, 331, 763-771.
- Oltjen R. R.; Rumsey T. S.; Fontenot J. P.; Bovard K. P.; Priode B. M. (1977). Supplementation of apple pomace with nonprotein nitrogen for gestating beef cows. III. Metabolic parameters. *Journal of Animal Science*, 46:3, 532-542.
- Parsons D. & Cousquer G., (2007). Veterinary Care of the Racing Pigeon. *Avian Practice*, 29, 344-355.
- Patra A. K. & Saxena J., (2010). A new perspective on the use of plant secondary metabolites to inhibit methanogenesis in the rumen. *Phytochemistry*, 71, 1198-1222.
- Peisker M. (2006). Feed Processing - Impacts on Nutritive Value And Hygienic Status In Broiler Feeds. *Proceedings of the Australian Poultry Science Symposium*, 18, 7- 16.

- Peressini D.; Foschia M.; Tubaro F.; Sensidoni A. (2015). Impact of soluble dietary fiber on the characteristics of extruded snacks. *Food Hydrocolloids*, 43, 73-81.
- Plaizier J. C.; Krause D. O.; Gozho G. N.; McBride B. W. (2009). Subacute Ruminant Acidosis in Dairy Cows: The Physiological Causes, Incidence and Consequences. *The Veterinary Journal*, 176, 21-31.
- Rahmat H.; Hodge R. A.; Manderson G. J.; Yu P. L. (1995). Solid-Substrate Fermentation of *Kliechera apiculata* and *Candida utilis* on Apple Pomace to Produce an Improved Stock-Feed. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 11, 168-170.
- Rudd P. M.; Elliott T.; Cresswell P.; Wilson I. A.; Dwek R. A. (2001). Glycosylation and the Immune System. *Science - Carbohydrates and Glycobiology*, 291, 2370-2376.
- Rupiper D. J. (1998). Diseases that affect race *performance* of homing pigeons. Part II: Bacterial, fungi and parasitic diseases. *Journal of Avian Medicine and Surgery*, 12 (3), 138-148.
- Russel J. B.; Rychlik J. L. (2001). Factors That Alter Rumen Microbial Ecology. *Science*, 292, 1119-1122.
- Sales J. & Janssens G. P. J., (2003). Nutrition of the Domestic Pigeon (*Columba livia domestica*). *World's Poultry Science Journal*, 59, 221-232.
- Saino N.; Romano M.; Capriolo M.; Lardelli R.; Micheloni P.; Scandolara C.; Rubolini D. & Fasola M., (2013). Molt, Feather Growth Rate and Body Condition of Male and Female Barn Swallows. *Journal of Ornithology*, 154, 537-547.
- Schwilch R.; Jenni L. & Jenni-Eiermann S., (1996). Metabolic Responses of Homing Pigeon to Flight and Subsequent Recovery. *Journal of Comparative Physiology B*, 166, 77-87.
- Sehm J.; Lindemayer H.; Dummer C.; Treutter D.; Pfaffl M. W. (2007). The Influence of Polyphenol Rich Apple Pomace or Red Wine Pomace Diet on the Gut Morphology in Weaning Piglets. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 91, 289-296.
- Selle P. H.; Cowieson A. J.; Cowieson N. P.; Ravindran V. (2012). Protein-phytate interactions in pig and poultry nutrition: a reappraisal. *Nutrition Research Reviews*, 25, 1-17.
- Selle P. H.; Ravindran V. (2007). Microbial phytase in poultry nutrition. *Animal Feed Science and Technology*, 135, 1-41.
- Selvendran R. R.; March J. F.; Ring S. G. (1979). Determination of aldoses and uronic acid content of vegetable fiber. *Analytical Biochemistry*, 96 (2), 282-292..
- Shetty S.; Bharathi L.; Shenoy K. B. & Hedge S. N., (1992). Biochemical Properties of Pigeon Milk and its Effect on Growth. *Journal of Comparative Physiology B*, 162, 632-636.
- Shimelis E. A.; Rakshit S. K. (2007). Effect of processing on antinutrients and in vitro protein digestibility of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties grown in East Africa. *Food Chemistry*, 103, 161-172.
- Siebert K. J.; Troukhanova N. V.; Lynn P. Y. (1996). Nature of Polyphenol-Protein Interactions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44, 80-85.
- Singh J.; Dartois A.; Kaur L. (2010). Starch digestibility in food matrix: a review. *Food Science & Technology*, 21, 168-180.

- Singh S.; Gamlath S.; Wakeling L. (2007). Nutritional aspects of food extrusion: a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 42, 916-929.
- Sniffen C. J.; O'Connor J. D.; Van Soest P. J.; Fox D. G.; Russell J. B. (1992). *Journal of Animal Science*, 70, 3562-3577.
- Sriperm N.; Pesti G. M.; Tillman P. B. (2011). Evaluation of the fixed nitrogen-to-protein (N:P) conversion factor (6,25) versus ingredients specific N:P conversion factors in feedstuffs. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91, 1182-1186.
- Stojceska V.; Ainsworth P.; Plunkett A.; Ibanglu S. (2009). The effect of extrusion cooking using different water feed rates on the quality of ready-to-eat snacks made from food by-products. *Food Chemistry*, 114, 225-232.
- Sun T.; Ho C. (2005). Antioxidant activities of buckwheat extracts. *Food Chemistry*, 90, 743-749.
- Thomas M.; van Zuilichem D. J.; van der Poel A. F. B. (1997). *Animal Feed Science Technology*, 64, 173-192.
- Thornton P. K. (2010). Livestock production: recent trends, future prospects. *Philosophical Transactions Of The Royal Society Part B*, 365, 2853-2867.
- Tran G. (2015). Hemp (*Cannabis sativa*). *Feedipedia*, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO.
- Tripathi M. K.; Mishra A. S. (2007). Glucosinolates in animal nutrition: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 132, 1-27.
- Vandeputte-Poma J., (1968). Quelques données sur la composition du (Lait de Pigeon). *Zeitschrift für vergleichende Physiologie*, 58, 356-363.
- Vandeputte-Poma J., (1980). Feeding, Growth and Metabolism of the Pigeon, *Columba livia domestica*: Duration and Role of Crop Milk Feeding. *Journal of Comparative Physiology*, 135, 97-99.
- Van Soest P. J.; Robertson J. B.; Lewis B. A. (1991). Symposium: Carbohydrate Methodology, Metabolism, and Nutritional Implication in Dairy Cattle. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597.
- Varnam A.; Sutherland J. M. (1994). Chapter 2: Fruit juices, in *Beverages: Technology, Chemistry and Microbiology*, 1 ed, (26-68), Springer-Science + Business Media, B.V.
- Vendruscolo F.; Albuquerque P. M.; Streit F. (2008). Apple Pomace: A Versatile Substrate for Biotechnological Applications. *Critical Reviews in Biotechnology*, 28, 1-12.
- Villas-Boas S. G.; Esposito E.; Mendonça M. M. (2003). Bioconversion of Apple Pomace Into a Nutritionally Enriched Substrate by *Candida utilis* and *Pleurotus ostreatus*. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 19, 461-467.
- Villamiel M. (2006a). Issue 24: Nonenzymatic Browning of Cookies, Crackers and Breakfast Cereals. in *Food Biochemistry and Food Processing*, 1 ed, 555-566, Blackwell Publishing
- Villamiel M.; Castillo M. D.; Corzo N. (2006b). Issue 4: Browning Reactions, in *Food Biochemistry and Food Processing*, 1 ed, 71-101, Blackwell Publishing.

- Voragen A. G. J.; Coenen G. J.; Verhoef R. P.; Schols H. A. (2009). Pectin, a versatile polysaccharide present in plant cell walls. *Structural Chemistry*, 20 (2), 263-275.
- Vries R. P.; Visser J. (2001). *Aspergillus* Enzymes Involved in Degradation of Plant Cell Wall Polysaccharides. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 65 (4), 497-522.
- Wang X.; Lu X. (2014). Characterization of pectic polyssacharides extrated from apple pomace by hot-compressed water. *Carbohydrate Polymers*, 102, 174-184.
- Wenk C. (2001). The Role of Dietary Fibre in the Digestive Physiology of the Pig. *Animal Feed Science and Technology*, 90, 21-33.
- Xie P.; Wang Y.; Wang C.; Yuan C. & Zou X., (2013). Effect of Different Fat Sources in Parental Diets on Growth *Performance*, Villus Morphology, Digestive Enzymes and Colorectal Microbiota in Pigeon Squabs. *Archives of Animal Nutrition*, 67, 147-160.
- Yadzdanshenas M.; Tabatabaeenezhad A. R.; Roosraazad R.; Khoshfetrat A. B. (2005). Full scale analysis of apple juice ultrafiltration and optimization of diafiltration. *Separation Purification Technology*, 47, 52-57.
- Zafar F.; Indrees M.; Ahmed Z. (2005). Use of Apple By-Products in Poultry Rations of Broiler Chicks in Karachi. *Pakistan Journal of Physiology*, 1(1-2), 32-34.
- Zumwalt R. W.; Absheer J. S.; Kaiser F. E.; Gehrke C. W. (1987). Acid hydrolysis of proteins for chromatographic analysis of amino acids. *Association of Official Analytical Chemists*, 70 (1), 147-151.